



Innowacje w technologiach wytwarzania i technologiach informatycznych

redakcja

Joanna Szulżyk-Cieplak

MONOGRAFIE

Lublin 2018

Innowacje w technologiach wytwarzania i technologiach informatycznych

Monografie – Politechnika Lubelska



Politechnika Lubelska
Wydział Podstaw Techniki
ul. Nadbystrzycka 38
20-618 Lublin

Innowacje w technologiach wytwarzania i technologiach informatycznych

redakcja
Joanna Szulżyk-Cieplak



Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej
Lublin 2018

Recenzenci:

dr hab. Mariusz Śniadkowski, prof. Politechniki Lubelskiej
prof. dr inż. Ruslan Sorokatyi

Komitet naukowy**Honorowy Przewodniczący Komitetu Naukowego**

prof. dr hab. inż. dr h.c. Klaudiusz Lenik - Politechnika Lubelska

Przewodniczący Komitetu Naukowego

dr hab. inż. Dorota Wójcicka-Migasiuk, prof. Politechniki Lubelskiej

Członkowie

dr hab. inż. Elżbieta Kalinowska-Ozgowicz, prof. Politechniki Lubelskiej
prof. dr hab. inż. Mychajło Paszczko - Politechnika Lubelska
prof. dr hab. Roksolana-Mariya Sz waj - Politechnika Lwowska
prof. dr hab. Andrzej Chochowski – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
prof. dr inż. Ruslan Sorokatyi - Chmielnicki Uniwersytet Narodowy
dr inż. Joanna Szulżyk-Cieplak - Politechnika Lubelska

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2018

ISBN: 978-83-7947-350-2

Wydawca: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej
www.biblioteka.pollub.pl/wydawnictwa
ul. Nadbystrzycka 36C, 20-618 Lublin
tel. (81) 538-46-59

Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak
www.agencjatorp.pl

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL www.bc.pollub.pl

Nakład: 100 egz.

Spis treści

SŁOWO WSTĘPNE	7
ELŻBIETA KALINOWSKA-OZGOWICZ, KLAUDIUSZ LENIK, SEBASTIAN GNAPOWSKI, MAGDALENA PAŚNIKOWSKA-ŁUKASZUK	
WPŁYW OBRÓBKI CIEPLNEJ NA STRUKTURĘ I WŁASNOŚCI STOPU CUAL10FE3MN2	9
BARBARA BURACZYŃSKA	
APLIKACJE E-SKLEPOWE UŁATWIAJĄCE SZYBKIE POZYSKANIE KLIENTÓW NA PRZYKŁADZIE PLATFORMY SHOPER.....	29
MAREK BOLESŁAW HORYŃSKI	
SYSTEMY AUTOMATYKI BUDYNKOWEJ JAKO ELEMENT INFRASTRUKTURY KRYTYCZNEJ PRZEZNACZONE DO OSZCZĘDNEGO ZARZĄDZANIA ENERGIĄ W BUDYNKACH	40
DOROTA WÓJCICKA-MIGASIUK	
INNOWACYJNOŚĆ W MOTYWOWANIU SPOŁECZNEGO PODEJŚCIA DO ZRÓWNOWAŻENIA ROZWOJU BUDOWNICTWA W KIERUNKU PASYWNOŚCI	47
MAGDALENA PAŚNIKOWSKA-ŁUKASZUK, ANNA RACZYŃSKA, ŁUKASZ ZGRYZA	
ZASTOSOWANIE DRUKU 3D W PRZYGOTOWANIU ŚRODKÓW DYDAKTYCZNYCH W NAUCZANIU ZAJĘĆ TECHNICZNYCH I PRZEDMIOTÓW INŻYNIERSKICH	54
MYCHAJŁO PASZECZKO, KLAUDIUSZ LENIK, TARAS BEREŻAŃSKYJ	
SEGREGACJA ATOMÓW W WARSTWACH WIERZCHNICH PRZY ZUŻYCIU ŚCIERNYM STOPÓW EUTEKTYCZNYCH UKŁADU FE-MN-C-B STOPOWANYCH CRREALNEGO	63
OLEKSANDR TISOV, TETIANA CHEREPOVA, OLEKSANDR DUKHOTA, MYROSLAV KINDRACHUK, ALINA YURCHUK	
CO-TIC CEMENTED CARBIDES FOR GAS TURBINE ENGINE APPLICATIONS	73
MIROŚLAW MALEC, KATARZYNA ODRZYWOLSKA, OLEH POLISHCHUK	
TECHNOLOGIA WATERJET W ZASTOSOWANIU DO PROCESU CIĘCIA MATERIAŁÓW DRZEWNYCH	81

6 Innowacje w technologiach wytwarzania i technologiach informatycznych

MIROŚLAW MALEC, CEZARY CZMUDA, OLEH POLISHCHUK	
WPŁYW WILGOTNOŚCI DRZEWNYCH MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH NA ICH ODPORNOŚĆ W PROCESIE ZGINANIA	94
JOANNA SZULŻYK-CIEPLAK, MATEUSZ WACH	
ROZWÓJ ORAZ POPULARNOŚĆ E-SPORTU W POLSCE	107
ARKADIUSZ URZĘDOWSKI, MONIKA FLIS	
WPŁYW ZAMKNIĘCIA KOMORY DRUKARKI 3D NA JAKOŚĆ WYDRUKÓW	120
MICHAŁ CHARLAK	
WYBRANE ASPEKTY BEZPIECZEŃSTWA UŻYTKOWNIKÓW SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH	134

Słowo wstępne

Innowacje bez wątpienia mają istotne znaczenie w życiu człowieka. Można najogólniej powiedzieć, że decydują o kształcie i jakości naszego życia i egzystencji. Technologia oznacza naukowo uzasadniony sposób posługiwania się oraz korzystania ze środków technicznych i różni się pojęciowo od terminu technika, który oznacza same środki techniczne. Obecnie wysokie zainteresowanie budzą zagadnienia dotyczące szeroko rozumianej techniki oraz twórczości i możliwości człowieka. W związku z tym przed współczesną uczelnią wyższą stoją nowe, bardziej skomplikowane zadania. Jednym z nich są działania innowacyjne rozumiane najczęściej jako twórczość, potęg i nowatorstwo. Są to nowe wytwory materialne lub symboliczne mające na celu wprowadzenie do techniki i praktyki nieznanych dotychczas rozwiązań lub zmian o charakterze ulepszeń.

Kategoria innowacji dotyczy procesu zmian, czyli działań polegających na rozwiązywaniu problemów, w rezultacie których powstaje jakaś konkretna i całkowicie opracowana nowość, proces, wyrób, usługa czy koncepcja oraz programu zmian, czyli wszelkiej myśli, zachowania lub rzeczy, które są nowe ponieważ jakościowo różne są od form już istniejących.

Celem przedstawionej monografii jest ukazanie wybranych zagadnień technologii wytwarzania i technologii informatycznych w aspekcie innowacyjności. Zaprezentowane w niej opracowania koncentruje się na innowacjach procesów i koncepcji w technologiach wytwarzania i technologiach informatycznych.

W aspekcie technologii wytwarzania na uwagę zasługuje opracowanie dotyczące wytwarzania stopów miedzi z aluminium znajdujących szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu ze względu na swoje specyficzne własności fizyczne, chemiczne, jak również mechaniczne. Opracowania dotyczące technologii cięcia wykorzystującej wysokociśnieniową strugę wodną do procesu cięcia materiałów drzewnych oraz badania wybranych drzewnych materiałów konstrukcyjnych poddawanych procesowi zginania dają odpowiedź na jakość i wytrzymałość materiału drzewnego. W kategorii budownictwa znajdziemy interesującą metodykę pomiarów termowizyjnych w zagadnieniach wybranych dla motywowania społecznego podejścia do zrównoważenia rozwoju budownictwa energooszczędnego w kierunku budownictwa pasywnego.

W aspekcie technologii informatycznych znajdziemy interesujące opracowania dotyczące zastosowania i wykorzystania druku 3D w dydaktyce przedmiotów techniczno-inżynierskich, zakupów w Internecie, rozwoju branży e-commerce, systemów automatyki dedykowanych do oszczędnego zarządzania energią w obiektach zaliczanych do infrastruktury krytycznej czy kwestii związanych

8 Innowacje w technologiach wytwarzania i technologiach informatycznych

z e-sportem. Innowacyjność w powyższym zakresie jest ważna nie tylko w fazie konceptualizacji, badań czy projektowania, ale także w fazie wdrażania i pełnej realizacji dla otrzymania wymaganych efektów.

Przedstawione zagadnienia nie wyczerpują oczywiście tematu innowacji, stanowią jednak krok i zaproszenie do poszukiwania nowych rozwiązań i badań w zakresie technologii wytwarzania i technologii informatycznych.

Redakcja

Elżbieta Kalinowska-Ozgowicz¹, Klaudiusz Lenik², Sebastian Gnapowski³, Magdalena Pańnikowska-Łukaszuk⁴

Wpływ obróbki cieplnej na strukturę i własności stopu CuAl10Fe3Mn2

Słowa kluczowe: stop CuAl10Fe3Mn2, wyżarzanie, ulepszanie cieplne, struktura, mikrotwardość, rentgenowska analiza fazowa

Streszczenie

W rozdziale przedstawiono wyniki badań wpływu parametrów obróbki cieplnej na strukturę i skład fazowy oraz twardość brązu gatunku CuAl10Fe3Mn2 (o znaku BA1032). Omówiono skład fazowy i mikrotwardość poszczególnych faz w zależności od rodzaju i parametrów przeprowadzonych operacji obróbki cieplnej. Badany stop poddano wyżarzaniu ujednorodniającemu w temperaturze 950°C oraz ulepszeniu cieplnemu obejmującemu hartowanie w wodzie oraz w wodnym roztworze NaCl z temperatury w zakresie od 850°C do 950°C i operacje odpuszczania w temperaturze 300°C i 450°C. Odpuszczanie przeprowadzono w zróżnicowanym czasie wynoszącym 1, 24 i 48 godzin. Obserwacje struktury brązu poddanego obróbce cieplnej zrealizowano przy użyciu mikroskopu świetlnego. Natomiast identyfikację faz występujących w strukturze przeprowadzono metodą dyfrakcji rentgenowskiej stosując analizę jakościową. Pomiary twardości stopu CuAl10Fe3Mn2 wykonano metodą Rockwella, a mikrotwardości faz występujących w jego strukturze metodą Vickersa ic przedstawiono wnioski końcowe i proponowane zastosowania wizualizacji logotypu.

1. Wprowadzenie

Stopy miedzi z aluminium zwane brązami alumiiniowymi są wytwarzane jako stopy dwuskładnikowe oraz wieloskładnikowe z dodatkiem żelaza, niklu i manganu. Stopy te zawierają od 5% do 11% Al i znajdują szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu ze względu na swoje specyficzne własności fizyczne, chemiczne jak również mechaniczne [3, 6, 7, 9, 11]. Brązy dwuskładni-

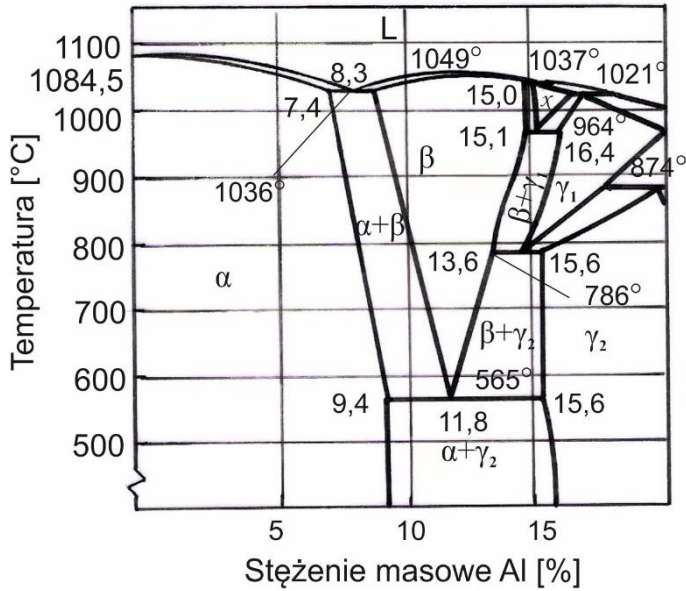
¹ dr hab. inż. Elżbieta Kalinowska-Ozgowicz, prof. PL, Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska, e.kalinowska-ozgowicz@pollub.pl

² prof. dr hab. inż. Klaudiusz Lenik, Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska

³ dr inż. Sebastian Gnapowski, Katedra Metod i Technik Nauczania, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska

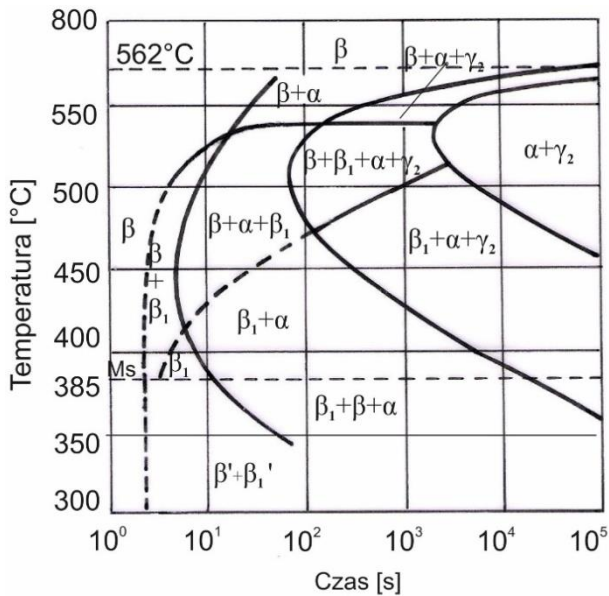
⁴ mgr inż. Magdalena Pańnikowska-Łukaszuk, Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska

kowe o strukturze jednofazowej zawierające do 8% aluminium charakteryzują się dużą plastycznością i są popoddawane obróbce plastycznej na zimno i gorąco. Duża odporność brązów na korozję w środowisku gorących soli (gatunek CuAl5As), kwasu siarkowego i octowego (gatunek CuAl8) preferuje je jako materiał konstrukcyjny głównie na elementy aparatury chemicznej, a także na elementy urządzeń pracujących w wodzie morskiej.] Odporność korozyjna tych stopów jest wynikiem tworzenia się na ich powierzchni pasywującej warstwy tlenku Al_2O_3 [6, 9, 17, 25, 26]. Brązy aluminiowe charakteryzują się wysokimi własnościami mechanicznymi zarówno w temperaturze pokojowej jak i podwyższonej. Własności mechaniczne brązów wieloskładnikowych zwiększają dodatki stopowe Fe, Ni, Mn. Żelazo i nikiel działa modyfikująco, wpływając na tworzenie się drobnoziarnistej struktury brązu zwiększając jego wytrzymałość i odporność na ścieranie [8]. Jednak ze względu na niewielką rozpuszczalność żelaza i niklu w fazie αCu w strukturze brązów wieloskładnikowych, zawartość tych pierwiastków jest niewielka i wynosi od 1.5 do 5.0% Fe i od 4.0 do 6.0% Ni [25]. Dodatek manganu w ilości 3.5% tworzy roztwór z Cu w brązach aluminiowych zwiększając ich odporność na korozję erozję i kawitację oraz odporność na ścieranie i wpływa na wzrost własności mechanicznych. Ze względu na wysokie własności mechaniczne i dużą odporność korozyjną wieloskładnikowe brązy aluminiowe znajdują zastosowanie jako materiał konstrukcyjny na wały, śruby okrętowe oraz na elementy urządzeń hydraulicznych, aparatury kontrolno-pomiarowej, a także na gniazda zaworów i koła zębate [25]. Oprócz pierwiastków stopowych, na wzrost własności mechanicznych wieloskładnikowych brązów aluminiowych zasadniczy wpływ ma obróbka cieplna [3, 6, 7, 17, 24-26]. Występowanie w tych stopach przemiany eutektoidalnej w temperaturze $565^\circ C$ umożliwia przeprowadzania operacji hartowania i przebieg przemiany martenzytycznej – rys.1. Przy szybkim chłodzeniu z zakresu temperatury występowania fazy β (powyżej $565^\circ C$) przebiega bezdyfuzyjna przemiana martenzytyczna fazy β w fazę β' lub $\beta'1$ o strukturze listwowej – rys. 2. W brązach aluminiowych o zawartości 11% Al, w początkowym etapie przemiany występuje uporządkowanie roztworu β i powstanie martenzytycznej fazy $\beta'1$ która następnie zamienia się na $\beta'1$. Przy stężeniu aluminium wynoszącym Al=13.5% następuje bezpośrednia przemiana fazy β w martenzyt β' [24]. Przemiana martenzytyczna brązów jest przemianą odwracalną. Przy szybkim nagrzewaniu brązów do temperatury znacznie wyższej od $565^\circ C$ (rys.1), w strukturze stopu w stanie zahartowanym, z martenzytu powstaje bezpośrednio faza β , a przy wolnym nagrzewaniu, na skutek przebiegu procesów dyfuzyjnych, tworzy się w początkowym etapie mieszanina eutektoidalna $\alpha+\gamma_2$, a w końcowym faza β – rys.1.



Rys. 1. Wykres równowagi fazowej Cu-Al

Źródło: opracowanie własne według L.A. Willey'a



Rys. 2. Wykres CTPi izotermicznego rozpadu fazy β podczas chłodzenia stopu CuAl₉Fe₃

Źródło: opracowanie własne według St. Prowansa

Otrzymanie stopu o określonych właściwościach wymaga teoretycznych podstaw przebiegu przemian fazowych, a także znajomości wykresów równowagi fazowej stopów dwuskładnikowych i skomplikowanych układów stopów wieloskładnikowych. Znajomość składu fazowego brązów aluminiowych i odpowiednio dobrane parametry obróbki cieplnej zapewniają uzyskanie wymaganych własności stopu determinowanych ich strukturą [6,7,11,18]. W publikacji przedstawiono wyniki badań wpływu parametrów obróbki cieplnej na strukturę i własności wieloskładnikowego brązu aluminiowego gatunku CuAl10Fe3Mn2. Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu technik i metod badawczych koniecznych dla oceny struktury, twardości oraz identyfikacji faz występujących w strukturze tego stopu.

2. Materiał i metodyka badań

Badania przeprowadzono na wieloskładnikowym stopie miedzi z aluminium do przeróbki plastycznej gatunku CuAl10Fe3Mn2 (o znaku BA1032) [19]. Materiał do badań stanowiły próbki o wymiarach 20x15x7 mm wycięte z tarczy o średnicy 300mm i grubości 10mm otrzymanej w operacji odlewania kokilowego. Skład chemiczny badanego brązu podano w tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny badanego brązu CuAl10Fe3Mn2

Rodzaj analizy	Stężenie pierwiastków [% wag.]							
	Pierwiastki stopowe				Dopuszczalne zanieczyszczenia			
	Al	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Ni	pozostałe
kontrolna	8.953	3.998	1.810	84.516	-	0.24	0.33	Si- 0.1 P- 0.3
wg.EN CuAl01Fe3Mn2	8.5÷11.0	2.0÷4.0	1.5÷3.5	reszta	0.05	0.5	1.0	0.3

Dla określenia wpływu parametrów obróbki cieplnej na strukturę i jej skład fazowy oraz twardość stopu CuAl10Fe3Mn2 przeprowadzono badania metalograficzne mikroskopowe, pomiar twardości i mikrotwardości oraz rentgenowską jakościową analizę fazową.

Badania metalograficzne mikroskopowe przeprowadzono na zglądach wykonanych na próbkach podanych operacjom obróbki cieplnej. Zglądy przygotowano przez szlifowano mechanicznie na wodnych papierach ściernych (P180, P360, P500, P800, P1000) i polerowanie przy użyciu past diamentowych. Dla ujawnienia mikrostruktury badanego stopu zglądy trawiono odczynnikami Mi23Cu. Obserwacje metalograficzne przeprowadzono przy powiększeniu 500x i 1000x wykorzystując mikroskop świetlny OLYMPUS GX71 wyposażony w urządzenia peryferyjne do elektronicznego zapisu dokumentacji badań. Pomiar wielkości

ziarna struktury badanego brązu w stanie wyżarzonym przeprowadzono metodą przecięć Pomiar realizowano siedmiokrotnie w siedmiu polach obserwacji [22].

Badania twardości zrealizowano metodą Rockwella przy użyciu twardościomierza z wgłębnikiem w postaci kulki i stożka diamentowego stosując obciążenie odpowiednio 980N i 1478N [21]. Wyniki twardości, opracowano statystycznie przyjmując do obliczeń wartości z siedmiu pomiarów.

Badania mikrotwardości realizowano metodą Vickers'a przy wykorzystaniu twardościomierza PMT3 stosując obciążenie 0.02N [20]. Pomiar twardości poszczególnych faz występujących w strukturze badanego stopu przeprowadzono na zglądach metalograficznych, wgłębnikiem diamentowym w postaci, foremnego, czworobocznego ostrosłupa o kącie rozwarcia 136° , w czasie 15 sekund. Wartość przekątnych odcisku odczytywano wykorzystując układ optyczny mikroskopu twardościomierza. Mikrotwardość (HV) określano z następującej zależności $HV=1,8543(F/d^2)$. Uwzględniając wartość średniej długości przekątnych (d) i siły obciążającej (F).

Rentgenowską analizę fazową przeprowadzono na próbkach poddanych operacjom obróbki cieplnej których parametry przedstawiono w tabeli 2. Próbkę do badań rentgenograficznych przygotowano identycznie jak zglądy do obserwacji metalograficznych. Rentgenowską analizę jakościową faz występujących w strukturze stopu $CuAl_{10}Fe_3Mn_2$ wykonano w oparciu o rentgenogramy otrzymane przy wykorzystaniu dyfraktometru rentgenowskiego XRD firmy Seifert-FPM. Badania rentgenograficzne przeprowadzono stosując promieniowanie charakterystyczne $\lambda K\alpha$ lampy kobaltowej i filtr Fe [1, 2, 3]. Rentgenogramy wykonano w zakresie kątów od 20° do 105° w skali 2θ . Zakres kątowy otrzymanych rentgenogramów odpowiadał odległościom międzypłaszczyznowym w zakresie od $d_{hkl}=5.155 \text{ \AA}$ do $d_{hkl}=1.128 \text{ \AA}$.

Badania rentgenowskie zrealizowano metodą krokową, przyjmując wartość kroku pomiarowego wynoszącą $0,1^\circ$ w skali 2θ . Czas zliczeń w punkcie pomiarowym wynosił 7 sekund. Identyfikację faz występujących w badanym brązie wykonano w oparciu o dane zamieszczone w katalogach firmowych stosowanego do badań dyfraktometru rentgenowskiego.

3. Technologia obróbki cieplnej brązu aluminiowego

Operacje obróbki cieplnej przeprowadzono na próbkach wieloskładnikowego brązu aluminiowego gatunku $CuAl_{10}Fe_3Mn_2$. Próbkę po obróbce cieplnej zrealizowanej przy zróżnicowanych parametrach temperatury szybkości chłodzenia i czasu trwania operacji poddano badaniom metalograficznym, rentgenograficznym i pomiarom twardości. W zakresie obróbki cieplnej brązu aluminiowego przeprowadzono wyżarzanie ujednorodniające i ulepszanie cieplne obejmujące operacje hartowania i odpuszczania.

Wyżarzanie ujednorodniające wykonano w temperaturze 950°C w czasie trzech godzin stosując zabieg chłodzenia w powietrzu. Operacje hartowania

przeprowadzono z temperatury 850, 900 i 950°C w dwu ośrodkach chłodzących: w wodzie i w wodnym roztworze NaCl. Zabiegi nagrzewania i wygrzewania w operacji wyżarzania i hartowania przeprowadzono w elektrycznym piecu mufowym Thermolyne – Furnace 1500 zapewniającym regulację temperatury z dokładnością $\pm 2^\circ$. Zabiegi nagrzewania i wygrzewania prowadzono w atmosferze ochronnej argonu. Czas wygrzewania próbek w operacji hartowania wynosił 3 godziny.

Ulepszanie cieplne badanego brązu obejmowało hartowanie w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczanie w temperaturze 300°C i 450°C w czasie jednej godziny, dwudziestu czterech i czterdziestu ośmiu godzin. Operacje odpuszczania przeprowadzono w elektrycznym piecu komorowym PEK-1 z atmosferą ochronną argonu. Parametry obróbki cieplnej w tym temperaturę operacji, rodzaj stosowanych ośrodków chłodzących oraz czas przeprowadzania operacji przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Rodzaje i parametry obróbki cieplnej brązu CuAl10Fe3Mn2

Lp.	Rodzaj operacji obróbki cieplnej	Parametry obróbki cieplnej		
		Temperatura [°C]	Czas [h]	Ośrodek chłodzący
1	wyżarzanie	950	3.0	powietrze
2	hartowanie	950	3.0	roztwór NaCl
3		950	3.0	woda
4		900	3.0	woda
5		850	3.0	woda
6		hartowanie	300	1
7	950°C/woda/ odpuszczanie	24		
8		48		
9	hartowanie	450	1	powietrze
10	950°C/woda/ odpuszczanie		24	
11			48	

4. Wyniki badań

Na podstawie otrzymanych wyników badań metalograficznych i pomiarów twardości określono wpływ parametrów obróbki cieplnej na strukturę i twardość stopu CuAl10Fe3Mn2. Skład fazowy struktury badanego stopu w zależności od zastosowanych parametrów operacji obróbki cieplnej określono w oparciu o rentgenowską analizę jakościową. Wyniki obserwacji metalograficznych przedstawiono na mikrofotografiach (rys. 3–8), pomiarów twardości na wykresach (rys. 9, 10), mikrotwardości w tabeli 3 i na mikrofotografiach (rys. 3–8), a wyniki badań rentgenowskich na dyfraktogramach (rys. 11–16).

4.1. Wyniki badań metalograficznych

Struktura badanego brązu po wyżarzaniu ujednorodniającym i ulepszeniu cieplnym jest zróżnicowana. Stop CuAl10Fe3Mn2 po wyżarzaniu ujednorodniającym charakteryzuje się strukturą ziarnistą (rys. 3), a po operacji hartowania z oziębianiem w wodzie lub w roztworze NaCl strukturą listwową (rys. 4, 5). Po odpuszczaniu w strukturze brązu występują fazy w postaci zarówno listwowej jak i drobnych ziarno o nieforemnych granicach – rys. 6–8.

Po przeprowadzonych operacjach obróbki cieplnej, badany stop charakteryzuje się strukturą o zróżnicowanym jakościowo składzie fazowym – rys. 3–8 oraz 11–16. W strukturze brązu CuAl10Fe3Mn2 oprócz fazy α_{Cu} będącej roztworem stałym i martenzytycznej fazy β' i β'_1 stwierdzono występowanie fazy γ_2 roztworu stałego wtórnego na osnowie związku elektronowego Cu_9Al_{14} o stężeniu elektronów 21/13 i fazy międzymetalicznej o wzorze stechiometrycznym Fe_3Al .

W stanie wyżarzonym ujednorodniającym w badanym brązie CuAl10Fe3Mn2 stwierdzono występowanie struktury w której ujawniono jasne ziarna fazy α_{Cu} na tle ciemno trawiących się obszarów mieszaniny $\alpha+\gamma_2$ ze skoagulowanymi wydzieleniami międzymetalicznej fazy Fe_3Al – rys. 3. Wyżarzanie ujednorodniające w temperaturze $950^\circ C$ z chłodzeniem w powietrzu pozwoliło na otrzymanie w badanym brązie drobnoziarnistej struktury o średniej średnicy ziarn fazy α_{Cu} wynoszącej ok. $55 \mu m$ – rys. 3.

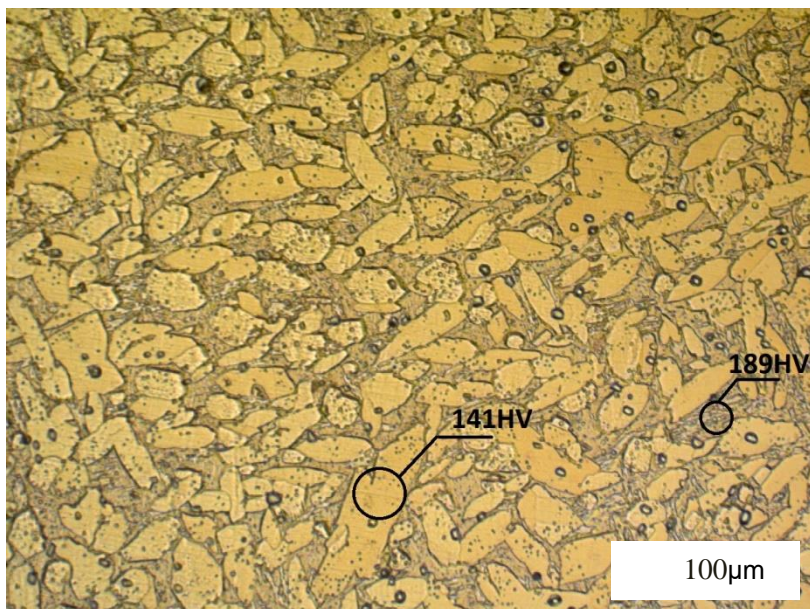
W strukturze brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w roztworze NaCl ujawniono rozdrobnione listwy martenzytycznej fazy β' na tle wydzieleni fazy α i γ_2 . Ujawniono również występowanie skoagulowanej fazy Fe_3Al występującej w ziarnach oraz na pierwotnych granicach fazy β – rys. 4.

Po hartowaniu w wodzie z temperatury $950^\circ C$ w strukturze badanego stopu stwierdzono występowanie fazy martenzytycznej β' (β'_1) o budowie listwowej na tle mieszaniny faz α , β' i γ_2 oraz fazy Fe_3Al w postaci skoagulowanych wydzieleni – rys. 5.

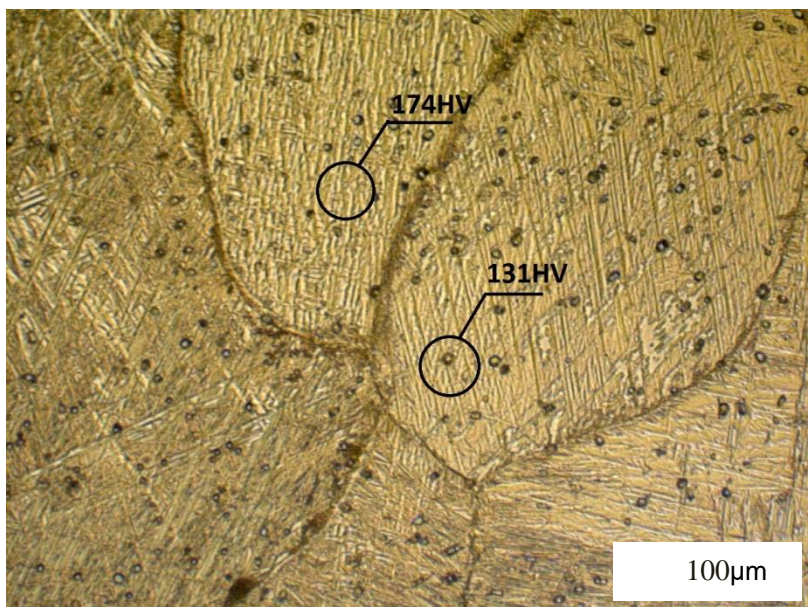
Odpuszczanie stopu CuAl10Fe3Mn2 w temperaturze $300^\circ C$ w czasie 1 godziny (po hartowaniu w wodzie) nie spowodowało widocznych mikroskopowo zmian w budowie struktury stopu. W odpuszczonym brązie stwierdzono występowanie podobnych jakościowo faz do stanu zahartowanego, różniących się jedynie postacią – rys. 6.

Natomiast po odpuszczaniu w temperaturze $300^\circ C$ w czasie 24 i 48 godzin w strukturze badanego brązu stwierdzono zwiększoną ilość fazy α występującą w postaci drobnych wydzieleni na granicach i wewnątrz ziaren martenzytu β' , co widoczne jest na rys. 7.

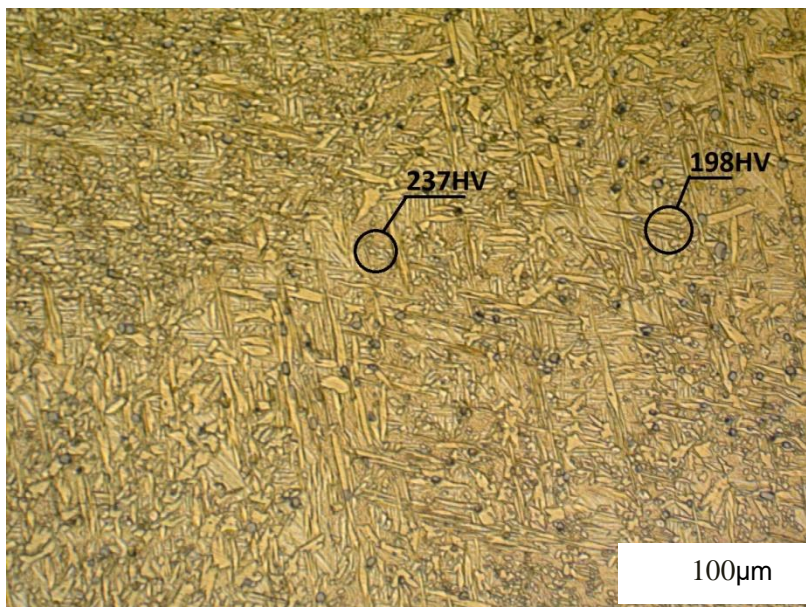
W strukturze badanego brązu odpuszczonego w temperaturze $450^\circ C$, w czasie jednej godziny stwierdzono rozdrobnienie wydzieleni płytkowej fazy martenzytycznej β' i β'_1 oraz fazę α w postaci drobnych ziarnistych wydzieleni występujących głównie na granicach byłych ziarn fazy β' i fazę Fe_3Al – rys. 8.



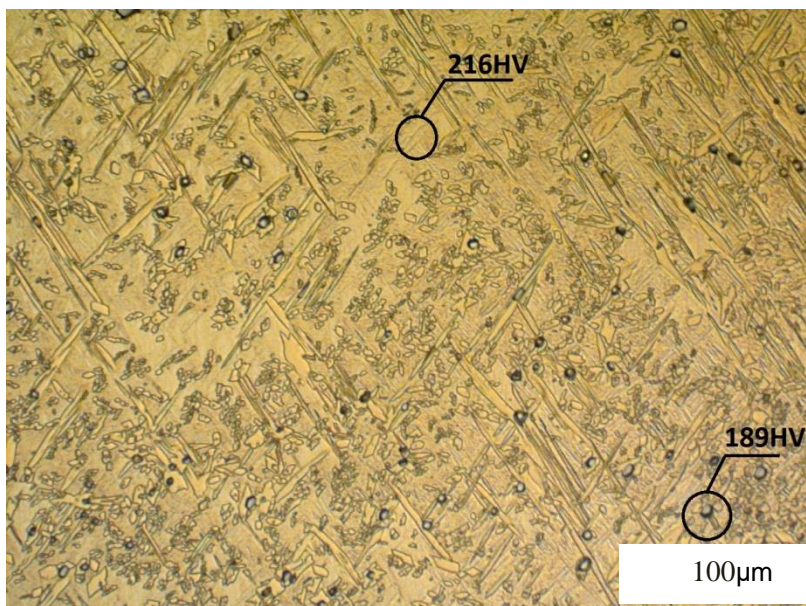
Rys. 3. Struktura brązu CuAl10Fe3Mn2 po wyżarzeniu w temperaturze 950°C. Ziarna roztworu α i związku międzymetalicznego Fe₃Al na tle mieszaniny $\alpha+\gamma_2$



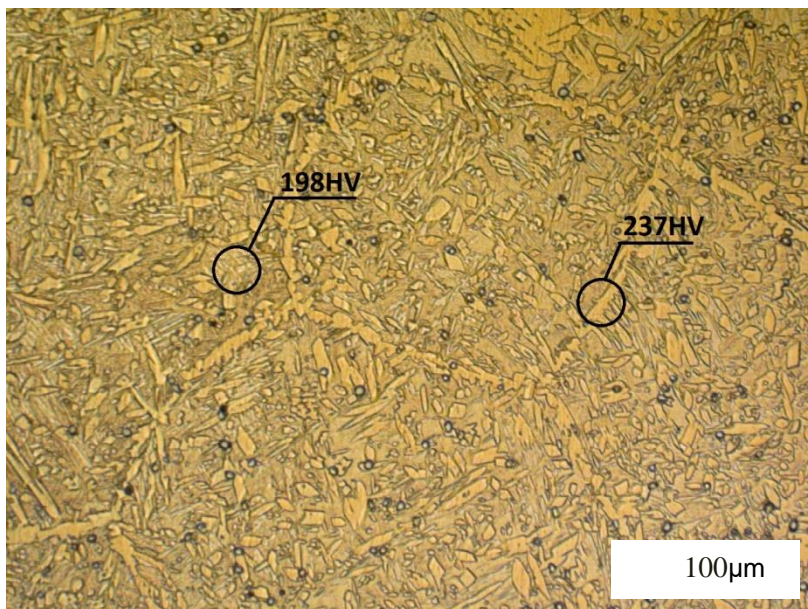
Rys. 4. Struktura brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w roztworze NaCl z temperatury 950°C. Faza martenzytyczna β' i faza Fe₃Al na tle roztworu α



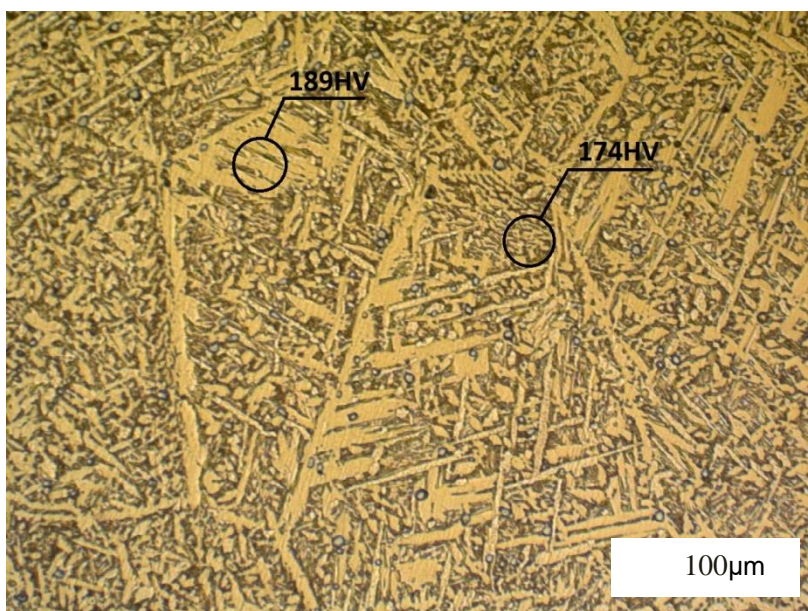
Rys. 5. Struktura brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C. Fazy martenzytyczna β' i związek Fe_3Al na tle roztworu α i fazy γ_2



Rys. 6. Struktura brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczaniu przez godzinę w temperaturze 300°C. Faza martenzytyczna β i związek międzymetaliczny Fe_3Al na tle mieszaniny roztworu α i γ_2



Rys. 7. Struktura brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczaniu przez 48 godz. w temperaturze 300°C. Faza β' , faza α i Fe₃Al



Rys. 8. Struktura brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczaniu przez godzinę w temperaturze 450°C. Struktura listwowa fazy β' , skupiska fazy α i Fe₃Al. Widoczne granice byłych ziarn fazy β

4.2. Wyniki pomiaru twardości i mikrotwardości

Wyniki pomiarów twardości pozwoliły na określenie wpływu temperatury hartowania oraz temperatury i czasu odpuszczania na twardość brązu aluminiowego CuAl10Fe3Mn2. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 3 i na wykresach – rys. 9, 10.

Twardość badanego brązu CuAl10Fe3Mn2 mierzono na ich dolnej i górnej powierzchni próbek. W stanie dostarczonym do badań stop CuAl10Fe3Mn2 charakteryzował się twardością wynoszącą HRB=82. Po wyżarzaniu w temperaturze 950°C twardość badanego stopu obniżyła się do wartości ok. 78 HRB – tabela 3.

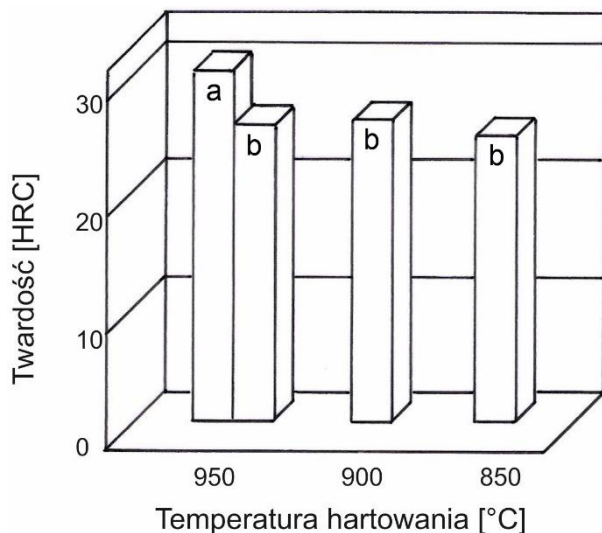
Tabela 3. Wyniki badań twardości brązu CuAl10Fe3Mn2 po obróbce cieplnej

Rodzaj i parametry obróbki cieplnej	Twardość HRC _{śr}	Wariancja σ^2	Odchylenie standardowe σ
Wu950°C/powietrze	77.70*	2.7755	1.6660
H 950°C/r-r NaCl	29.85	0.9796	0.9897
H 950°C/w	24.57	1.3877	1.1783
H 900°C/w	25.86	1.5510	1.2454
H 850°C/w	25.28	0.7755	0.8806
H 950°C/w/O 300°C/1h	25.14	0.9798	0.9897
H 950°C/w/O 300°C/24h	26.57	1.9592	1.3997
H 950°C/w/O 300°C/48h	30.71	0.4898	0.6998
H 950°C/w/O 450°C/1h	24.71	0.2041	0.4517
H 950°C/w/O 450°C/24h	19.43	0.4898	0.6998
H 950°C/w/O 450°C/48h	19.14	0.4082	0.6389

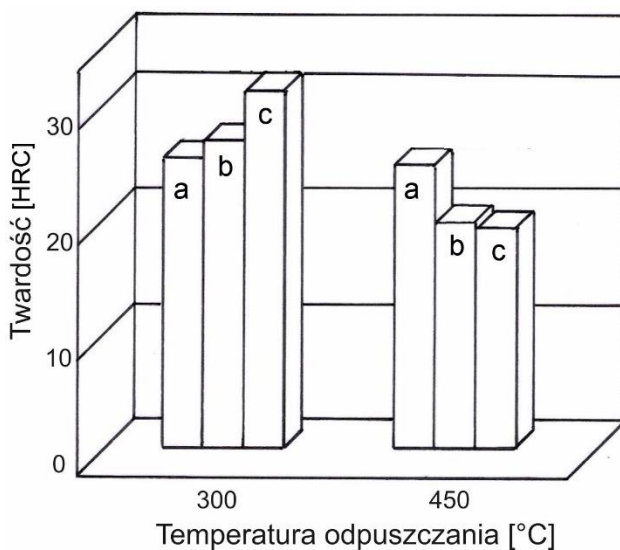
*pomiar twardości w skali HRB, Wu – wyżarzanie ujednorodniające, H – hartowanie, O – odpuszczanie, w – ośrodek chłodzący-woda

Zmiany temperatury hartowania w zakresie 850÷950°C nie wpływały istotnie na twardość stopu CuAl10Fe3Mn2 – rys. 9. Po hartowaniu w temperaturze 850 i 950°C średnia wartość twardości brązu wynosi ok. 25 HRC, a w temperaturze 900°C ok. 26 HRC.

Rodzaj ośrodka chłodzącego determinującego szybkość chłodzenia w operacji hartowania badanego stopu wpływa wyraźnie na jego twardość. Stwierdzono, że twardość brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu z temperatury 950°C w wodnym roztworze NaCl wynosi ok. 30 HRC a po hartowaniu w wodzie ok. 25 HRC – rys. 9. Wpływ na twardość brązu CuAl10Fe3Mn2 ma również temperatura i czas odpuszczania – rys.10.



Rys. 9. Zależność twardości stopu CuAl10Fe3Mn2 od temperatury i rodzaju ośrodka chłodzącego; a – wodny roztwór NaCl, b – woda



Rys. 10. Zależność twardości stopu CuAl10Fe3Mn2 od temperatury i czasu odpuszczania; a – 1 godz., b – 24 godz., c – 48 godz.

Odpuszczanie w czasie 1 godziny w temperaturach 300°C i 450°C nie wpływa na zmianę twardości badanego stopu. Wydłużenie do 24 godzin czasu odpuszczania prowadzonego w temperaturze 300°C podwyższa twardość z ok. 25 HRC (stan hartowany) do ok. 27 HRC, a po odpuszczaniu w czasie 48 godzin do ok. 31 HRC – rys. 10. Odpuszczaniu w temperaturze 450°C, w czasie 24 i 48 godzin powoduje

obniżenie twardości do ok. 19 HRC – rys. 10. Spadek twardości badanego brązu odpuszczanego w dłuższych czasach jest spowodowany rozpadem martenzytycznej fazy β' na mieszaninę $\alpha+\gamma_2$. Podwyższenie temperatury odpuszczania działa podobnie na zmianę twardości jak wydłużenie czasu tej operacji [7, 30, 31].

Pomiary twardości zrealizowane przy obciążeniu 20G pozwoliły określić mikrotwardość faz występujących w strukturze stopu CuAl10Fe3Mn2 poddanego operacjom obróbki cieplnej. Wyniki badania mikrotwardości przedstawiono w tabeli 4 a miejsca pomiaru i wartości mikrotwardości, na mikrofotografiach rys. 3–8. Mikrotwardość badanego stopu wyżarzanego w temperaturze 950°C zmierzono w dwóch obszarach – w jasnym ziarnie fazy α_{Cu} oraz w ciemno trawiącej się przestrzeni między ziarnami – w mieszaninie eutektoidalnej $\alpha+\gamma_2$. Wartość mikrotwardości mierzona w jasnym ziarnie wynosiła 113÷141HV, a między ziarnami – 165÷189HV (rys. 3). Mikrotwardość wieloskładnikowego brązu aluminiowego po hartowaniu w wodnym roztworze NaCl z temperatury 950°C zmierzono w listwach, występujących w strukturze. Wartość mikrotwardości w listwach struktury i w obszarach z wydzieleniami fazy Fe_3Al wynosiła odpowiednio 174HV i 131HV – rys. 4.

W badanym stopie po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C mikrotwardość obszarów między listwami wynosiła 216÷237HV a w skupisku listew HV=189÷198 (rys. 5, tabela 4). Pomiary mikrotwardości prowadzono również na próbkach po operacji hartowania i odpuszczania. W próbce po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczaniu w temperaturze 300°C w czasie 1 godziny mikrotwardość skupiska sferoidalnych wydzieleni fazy Fe_3Al wynosiła HV =174÷189, a szarych obszarów, prawdopodobnie mieszaniny faz α i β' – 174÷216HV – rys. 6, tabela 4. W próbce po operacji hartowania w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczania w temperaturze 300°C w czasie 48 godziny mikrotwardość zmierzona na granicy byłego ziarna fazy β oraz w szarym obszarze mieszaniny $\alpha+\beta'$ wynosiła odpowiednio 181÷237HV oraz 198HV (rys. 7). W strukturze badanego brązu, po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczaniu w temperaturze 450°C w czasie 1 godziny mikrotwardość obszaru jasnych igieł fazy α_{Cu} wynosiła 174÷189HV, a w ciemno wytrawionych przestrzeniach mieszaniny α i β' – 174HV – rys. 8.

4.3. Wyniki rentgenowskiej analizy fazowej jakościowej

Wyniki rentgenowskiej analizy fazowej pozwoliły na określenie składu fazowego struktury brązu CuAl10Fe3Mn2 po różnych operacjach obróbki cieplnej. Wyniki badań rentgenograficznych otrzymano w postaci danych numerycznych intensywności promieniowania w funkcji kąta odbłyску 2 θ dla poszczególnych próbek. Stosując program Excel wykreślono rentgenogramy przedstawione na rys. 11–16. Analizę wyników badań rentgenowskich przeprowadzono w oparciu o rentgenogramy i dane zawarte w oprogramowaniu dyfraktometru.

Tabela 4. Wyniki pomiarów mikrotwardości faz występujących w strukturze brązu CuAl10Fe3Mn2 po obróbce cieplnej

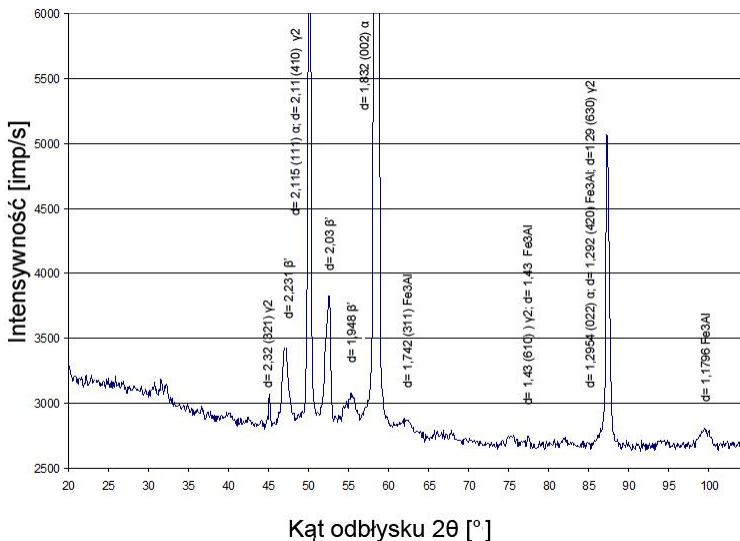
Lp.	Oznaczenie próbki	Obróbka cieplna	Dł.przekątnej d [mm]	Twardość [HV _{0,02}]	Opis miejsca pomiaru	Nr rys.
1	2	Wu 950°C/ powietrze	0,0168	131	Ziarno – jasne	3
2			0,0181	113		
3			0,0162	141		
4			0,0150	165	Ciemny obszar	
5			0,0140	189		
6			0,0146	174		
7	10	Hartowanie 950°C/NaCl	0,0156	152	Listwy w ziarnie	4
8			0,0153	158		
9			0,0146	174		
10			0,0168	131	Listwy	
11			0,0168	131		
12			0,0162	141		
13	1	Hartowanie 950°C/w	0,0125	237	Między listwami	5
14			0,0128	226		
15			0,0131	216		
16			0,0140	189	Skupisko listew	
17			0,0137	198		
18	3	H 950°C/w O 300°C/1h	0,0146	174	Skupisko pojedynczych wydzielań	6
19			0,0140	189		
20			0,0146	174		
21			0,0146	174	Jasny obszar	
22			0,0140	189		
23			0,0131	216	Ciemny obszar	
24			0,0140	189		
25			0,0140	189		
26	8	H 950°C/w O300°C/48h	0,0125	237	Na granicy ziarn	7
26			0,0147	181		
28			0,0147	181		
29			0,0137	198	Ciemny obszar	
30			0,0137	198		
31	6	H 950°C/w O450°C/1h	0,0140	189	Jasne listwy	8
32			0,0146	174		
33			0,0140	189		
34			0,0153	158	Obszar między listwami	
35			0,0146	174		
36			0,0146	174		

W zakresie kątów od 20° do 105° w skali 2 Θ , na rentgenogramach próbek poddanych operacjom obróbki cieplnej występują linie dyfrakcyjne pochodzące od płaszczyzn (111), (002) i (022) roztworu α_{Cu} – rys. 11–16. W zależności od rodzaju zastosowanej obróbki cieplnej na dyfraktogramach obserwowano zróżnicowanie występujących faz i intensywności ich linii dyfrakcyjnych.

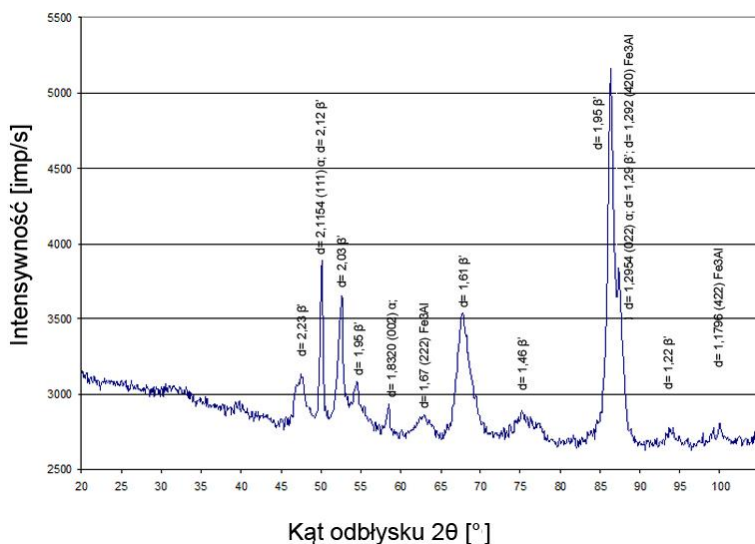
Na rentgenogramie brązu CuAl10Fe3Mn2 wyżarzzonego w temperaturze 950°C występują linie dyfrakcyjne pochodzące od fazy α_{Cu} oraz linie dyfrakcyjne pochodzące od fazy β' i β_1' o intensywności wzorca od 10 do 100%. Występują także pojedyncze linie od fazy γ_2 (Cu₉Al₄) i Fe₃Al – rys. 11. Wyższa intensywność pików pochodzących od fazy α_{Cu} niż fazy martenzytycznej β' wskazuje na zdecydowanie większy jej udział w strukturze wyżarzzonego stopu.

Na rentgenogramie brązu hartowanego w wodnym roztworze NaCl z temperatury 950°C występują wyłącznie linie dyfrakcyjne pochodzące od fazy α_{Cu} i β' oraz fazy Fe₃Al – rys.12. Ilość linii dyfrakcyjnych od martenzytycznej fazy β' i ich intensywność w porównaniu z fazą α pozwala stwierdzić, że w strukturze badanego brązu jest większy udział fazy β' niż roztworu α . Duża szybkość chłodzenia zapobiega eutektoidalnemu rozpadowi fazy β na mieszaninę faz $\alpha+\gamma_2$ i prowadzi do przemiany martenzytycznej $\beta\rightarrow\beta'$ [3, 5].

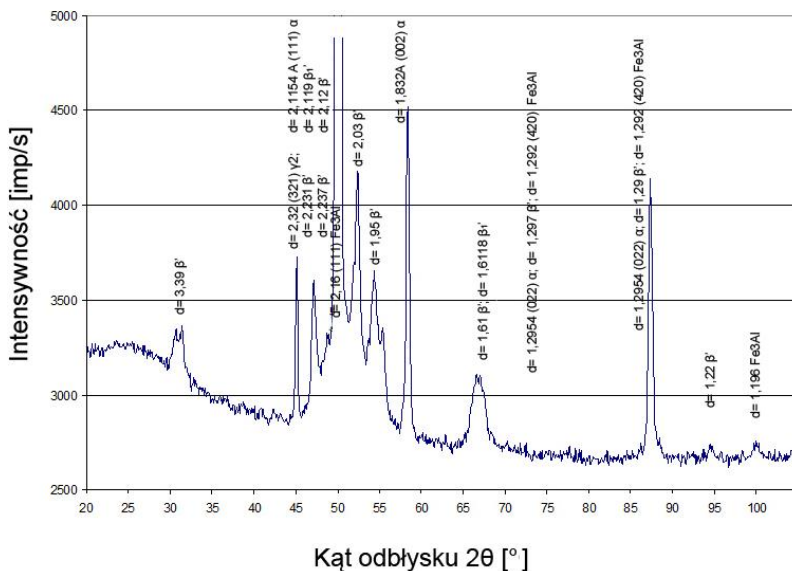
Badania rentgenograficzne brązu hartowanego w wodzie z temperatury 950°C wykazały występowanie linii dyfrakcyjnych pochodzących od fazy α_{Cu} , β' i β_1' oraz od fazy γ_2 (Cu₉Al₄) i od fazy Fe₃Al – rys.13. Intensywność poszczególnych pików od zidentyfikowanych faz wskazują na porównywalny udział fazy β' i α_{Cu} w strukturze badanego brązu. Na podstawie analizy rentgenogramu brązu odpuszczonego w czasie jednej godziny, w temperaturze 300°C stwierdzono występowanie w jego strukturze fazy α , β' , γ_2 (Cu₉Al₄) i Fe₃Al – rys. 14. Wydłużenie czasu oraz podwyższenie temperatury odpuszczania wpływa na zwiększenie intensywności linii dyfrakcyjnych pochodzących od fazy α_{Cu} i γ_2 , co świadczy o większym udziale tych faz w strukturze badanego brązu – rys. 15, 16. Intensywności linii dyfrakcyjnych pochodzących od fazy α_{Cu} i γ_2 co świadczy o większym udziale tych faz w strukturze badanego brązu – rys. 15, 16.



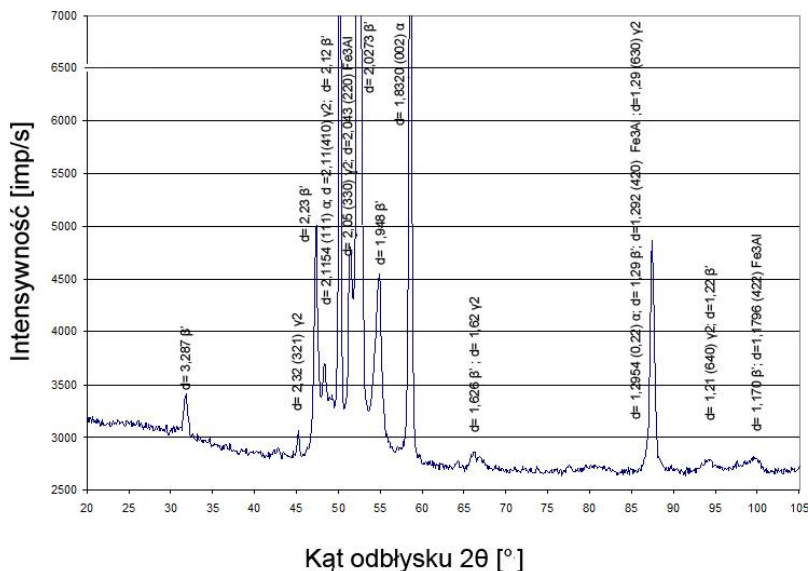
Rys. 11. Rentgenogram brązu CuAl10Fe3Mn2 po wyżarzeniu w temperaturze 950°



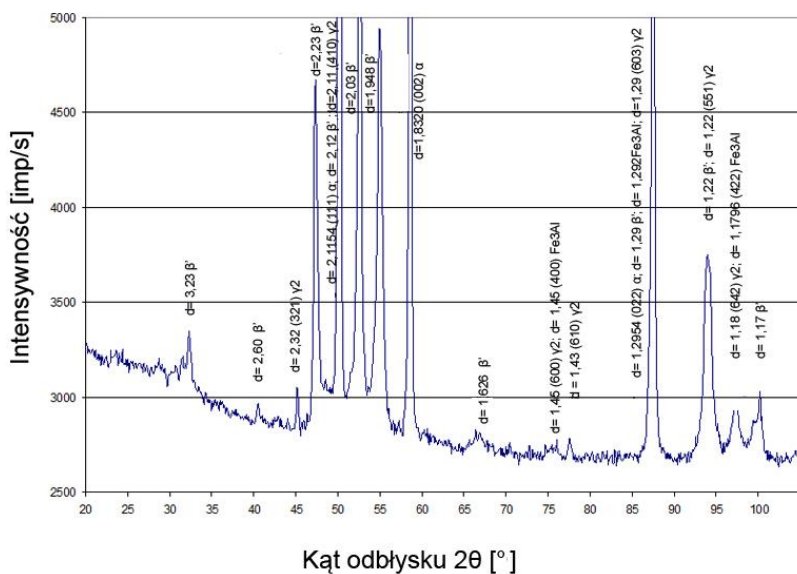
Rys. 12. Rentgenogram brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu z temperatury 950°C w wodnym roztworze NaCl



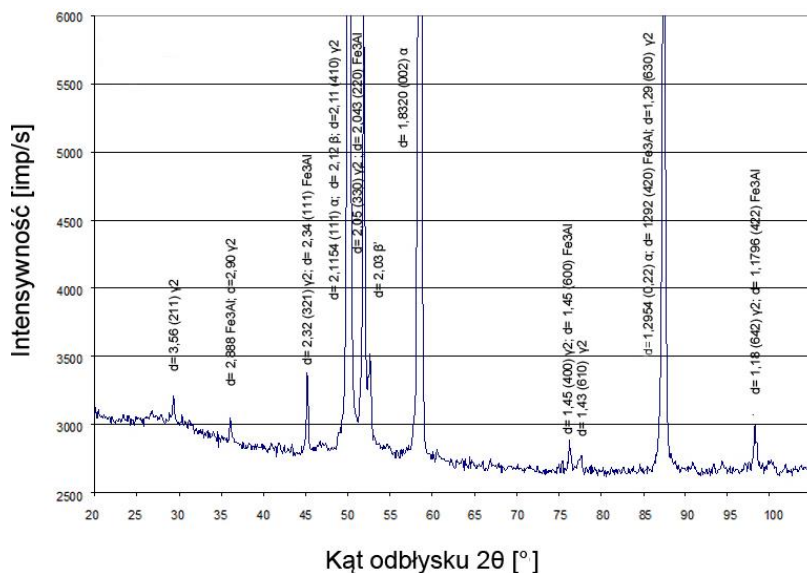
Rys. 13. Rentgenogram brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C



Rys. 14. Rentgenogram brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczaniu w 300°C w czasie 1 godziny



Rys. 15. Rentgenogram brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczaniu w temperaturze 300°C w czasie 48 godzin



Rys. 16. Rentgenogram brązu CuAl10Fe3Mn2 po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C i odpuszczaniu w temperaturze 450°C w czasie 48 godzin

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań i analizy uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Wyżarzanie brązu CuAl10Fe3Mn2 w temperaturze 950°C w czasie 3 godzin i chłodzenia w powietrzu warunkuje powstanie nierównowagowej struktury o twardości ok. 82 HRB złożonej z roztworu α i mieszaniny α+ γ2, fazy Fe3Al oraz śladowych ilości fazy β'.
2. Obecność nierównowagowej fazy β' w strukturze brązu CuAl10Fe3Mn2 jest wynikiem bezpośredniej przemiany martenzytycznej fazy β podczas chłodzenia badanych próbek na powietrzu.
3. Hartowanie badanego brązu z temperatury 950°C w wodzie lub w wodnym roztworze NaCl nie powoduje jakościowej lecz ilościową zmianę składu fazowego struktury. W wyniku przechłodzenia powstaje głównie metastabilna faza martenzytyczna β' ze śladami roztworu αCu i fazy Fe3Al.
4. Badany brąz po hartowaniu w wodzie z temperatury 950°C wykazuje twardość ok. 25 HRC natomiast po oziębianiu w roztworze NaCl – ok. 30 HRC. Hartowanie z temperatury 850°C (zakres α+β) nie zmienia twardości badanego stopu.
5. Proces odpuszczania brązu CuAl10Fe3Mn2 w zakresie temperatury od 300 do 450°C w czasie 1 godziny nie powoduje istotnych zmian składu fazowego stopu w porównaniu ze stanem po hartowaniu. Zwiększa się

w strukturze jedynie ilość fazy αCu . Ze wzrostem czasu odpuszczania pojawia się również faza γ_2 .

6. Zwiększenie czasu odpuszczania w temperaturze 300°C od 1 do 48 godzin powoduje wzrost twardości badanego brązu od ok. 25 do ok. 31 HRC. Natomiast wzrost temperatury odpuszczania do 450°C wpływa na obniżenie twardości brązu do ok. 19 HRC.
7. Po wyżarzaniu ujednorodniającym mikrotwardość ziaren roztworu αCu wynosi HV=141, a mieszaniny eutektoidalnej $\alpha + \gamma_2$, HV=216
8. Maksymalną mikrotwardością charakteryzują się fazy ujawnione w strukturze brązu po hartowaniu w wodzie i po odpuszczaniu w czasie 1 godziny w temperaturze 300 i 450°C.

Literatura

- [1] Bojarski Z., Gigla M., Stróż K., Surowiec M.: *Krytalografia*, III wyd, PWN Warszawa 2008
- [2] Bojarski Z., Łągiewka E.: *Rentgenowska analiza strukturalna*, wyd. PWN Warszawa 1989
- [3] Brzezina P.: *Heat treatment of complex aluminum bronzes*, International Metals Reviews, 1982, Vol. 27, No. 2
- [4] Cullity B.D.: *Podstawy dyfrakcji promieni rentgenowskich*, wyd. PWN, Warszawa, 1964
- [5] Chrostek T, *Thermal analysis of aluminum bronze BA1032*, Technical Scinces, 2016, 19, 4, 359–366
- [6] Dobrzański L.A.: *Metaloznawstwo – podstawy nauki o materiałach*, III wyd. WNT, Warszawa, 2014
- [7] Gazda A., Górny Z., Kluska-Nawarecka S., Saja K., Warmuzek M., Wodnicki J., Zuczek R.: *Effect of heat treatment on structure and properties of aluminum-nickel bronze*, Prace Instytutu Odlewnictwa, 2009, Vol. 49, No. 2, p. 19–42
- [8] Gronostajski Z., Zwierzchowski M., Hawryluk M., Skubiszewski L.: *Forming of the BA1032 bronze microstructure in the ECAP process*, Rudy i Metale Nieżelazne, 2010, Vol. 55, No. 12, p. 856–860
- [9] Górny Z., Sobczak J.: *Nowoczesne tworzywa odlewnicze ma bazie metali nieżelaznych*, Kraków Zapis 2005
- [10] Hasan F., Jahanafrooz A., Lorimer G. W., Rildley N.: *The morphology, crystallography and chemistry of phases in as-cast nickelaluminum bronze*, 6 H. *Metallurgical Transactions*, 1982 A, 13, p.1337–1345
- [11] Meigh J.: *Cast and Wrought Aluminum Bronzes – Properties, Processes and Structure*, Institute of Materials, London, 2000
- [12] Ozgowicz W., Kalinowska-Ozgowicz E., Grzegorzczuk B.: *The influence of the temperature of tensile test on the structure and plastic properties of*

- cooper alloy type CuCr1Zr*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2008, Vol. 29, No. 2, p. 123–136
- [13] Ozgowicz W., Kalinowska-Ozgowicz E., Grzegorzczak B.: *The microstructure and mechanical properties of the alloy CuZn30 after recrystallization annealing*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2010, Vol. 40, No. 1, p. 15–24
- [14] Ozgowicz W., Kalinowska-Ozgowicz E., Grzegorzczak B.: *Termomechanical treatment of low-alloy cooper alloys of the kind CuCo2Be and CuCo1NiBe*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2011, Vol. 4, No. 2, p. 161–168
- [15] Ozgowicz W., Kalinowska-Ozgowicz E., Grzegorzczak B.: *The phenomenon of reduced plasticity in low-alloyed cooper*, Materialija in Tehnologije (Materials and technology), 2016, Vol. 50, No. 2, p. 677–682
- [16] Ozgowicz W., Kalinowska-Ozgowicz E., Lenik k., Duda A.: *Analisis of cracking of low-alloy cooper stretched at elevated temperature*, Frattura ed Integrita Strutturale, 2016, Vol. 35, p. 434–440
- [17] Pacyna J.: *Metaloznawstwo – wybrane zagadnienia*, AGH Kraków, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, 2005
- [18] Pisarek B. P.: *Model of Cu-Al-Fe-Ni Bronze Crystallization*, Archives of Foundry Engineering, 2013, Vol. 13, No. 3, p. 72–79
- [19] PN-92/H-87051, Stopy miedzi do przeróbki plastycznej, Stopy miedzi z aluminium, Gatunki
- [20] PN-EN ISO 06507-1:1999: Pomiar twardości metodą Vickersa
- [21] PN-EN ISO 06508-1:2002: Pomiar twardości metodą Rockwella
- [22] PN-EN ISO 0634:2005: Pomiar wielkości ziarna
- [23] Prowans S.: *Metaloznawstwo*, wyd. PWN, Warszawa 1988
- [24] Tokarski M.: *Metaloznawstwo metali i stopów nieżelaznych w zarysie*, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1986
- [25] Wierzbička B.: *Heat treatment of the aluminum bronze solidified under pressure*, Solidification of Metals and Alloys, PAN Katowice, 2000, Vol. 4, No. 2, p. 117–124
- [26] Smiciklas M.: *Infografiki: praktyczne zastosowanie w biznesie*, Gliwice, Wydawnictwo Helion, 2014

Barbara Buraczyńska¹

Aplikacje e-sklepowe ułatwiające szybkie pozyskanie klientów na przykładzie platformy Shoper

Słowa kluczowe: sprzedaż internetowa, sklepy internetowe, e-commerce, aplikacje e-sklepowe

Streszczenie

Wzrost zainteresowania zakupami w Internecie i nieustanny rozwój branży e-commerce zachęcają przedsiębiorców do prowadzenia działalności w tej branży. Każdego roku otwierane są nowe sklepy internetowe, które szukają sposobów na szybkie pozyskanie klientów i zbudowanie swojej wiarygodności. Zastosowanie dostępnego na rynku oprogramowania e-sklepowego daje przedsiębiorcom dostęp do wielu aplikacji i dodatków pozwalających rozwiązać ten problem. Przedmiotem analizy są wybrane aplikacje e-sklepowe oferowane na platformie Shoper. W rozdziale przedstawiono korzyści związane z ich wykorzystaniem oraz ponoszone koszty wynikające z wdrożenia gotowych rozwiązań e-sprzedazowych. Wynikiem przeprowadzonej analizy są wytyczne wyboru aplikacji e-sklepowych pozwalających na pozyskanie klientów bez dużego nakładu czasu pracy ze strony przedsiębiorcy.

1. Wstęp

W Polsce i na świecie widoczny jest nieustanny wzrost sektora sprzedaży internetowej. Szacuje się, że w 2018 roku wartość polskiego rynku e-commerce osiągnie ponad 45 mld zł, a w roku 2020 nawet 60 mld zł, podczas gdy w 2017 było to 40 mld zł. Dynamiczny rozwój branży e-commerce pozytywnie wpływa na zainteresowanie przedsiębiorców prowadzeniem działalności w Internecie. Z *Raportu E-commerce Standard* wynika, że liczba sklepów internetowych w Polsce sięgnęła 20 000 już w 2016 roku, a w 2020 roku ma wzrosnąć nawet do 30 000. Każdy nowo otwarty e-sklep poszukuje prostych sposobów na szybkie pozyskanie klientów. Aplikacje i dodatki oferowane na platformach e-sklepowych mogą być odpowiedzią na takie zapotrzebowanie [1, 11, 13, 18].

¹ mgr inż. Barbara Buraczyńska, Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej, b.buraczynska@pollub.pl

2. Rodzaje rozwiązań dla e-sklepów

Jedną z pierwszych decyzji podejmowanych przez przedsiębiorcę planującego stworzenie sklepu internetowego, jest wybór platformy e-sklepowej, czyli oprogramowania e-sklepu. Funkcjonalność e-sklepu oraz dostępność aplikacji i dodatków zależy od wybranego rozwiązania. Z *Raportu e-commerce Standard* wynika, że prawie 84% sklepów internetowych w Polsce działa na gotowych platformach e-sklepowych. Pozostałe korzystają z dedykowanego oprogramowania e-sklepu (przygotowanego w całości lub w części na indywidualne zamówienie). Wyróżnia się cztery podstawowe modele rozwiązań technologicznych dla e-sklepów: oprogramowanie Open Source (otwarte oprogramowanie), oprogramowanie na licencji samodzielnej, oprogramowanie SaaS (Software as a Service) i oprogramowanie dedykowane [12].

Zastosowanie oprogramowania Open Source (np. Magento, Presta Shop, ZenCart, osCommerce, Gekosale, VirtueMart, Ubercart, OpenCart) pozwala na bezpłatne korzystanie z podstawowych funkcjonalności e-sklepu. W tym rozwiązaniu użytkownik ma dostęp do kodu źródłowego e-sklepu, który może modyfikować w miarę swoich umiejętności. Opłaty mogą być pobierane za wykorzystanie dodatkowych modułów czy za wsparcie techniczne, jeśli przedsiębiorca będzie chciał z nich skorzystać. Rozwiązania dla e-sklepów na licencji samodzielnej (np. Xcart, ASPdotnetStorefront, GoShop, KQS) wymagają poniesienia jednorazowych kosztów zakupu licencji oprogramowania w momencie uruchamiania e-sklepu i przenoszą obowiązek obsługi technicznej sklepu (np. optymalizacji sklepu, serwisowania, usuwania usterek) na użytkownika. Zastosowanie takich rozwiązań często zmusza przedsiębiorcę do stworzenia i utrzymywania własnego zaplecza programistycznego [3,6,7,16,17,19].

Tymczasem dla rozwiązań typu SaaS (np. BigCommerce, Volusion, Selly, iStore, Ecwid, Shopify, IAI Shop, RedCart, 100sklepów, eCommerce24h, Shoplo, Click Shop, Wix.com, Tradematik, Comarch ERP e-Sklep) zaplecze programistyczne jest zbędne. Software as a Service to usługa udostępniania oprogramowania w modelu abonamentowym. W nim obowiązki utrzymania infrastruktury, aktualizacji oprogramowania czy wsparcia technicznego są realizowane przez dostawcę usługi w zamian za wnoszoną opłatę abonamentową. Niektóre platformy e-sklepowe dostępne są zarówno na licencji samodzielnej, jak i w modelu SaaS (np. Shoper, Sote, CS Cart, cStore, Sell Smart, AtomStore).

Rozwiązania dedykowane są tworzone na indywidualne zamówienie przedsiębiorcy. Dzięki temu mogą być elastycznie dostosowane do jego potrzeb i nawet spełniać jego niestandardowe wymagania. W konsekwencji koszty stworzenia takiego e-sklepu są dużo wyższe niż przy dostępnych na rynku rozwiązaniach gotowych. Również rozbudowa oprogramowania dedykowanego jest bardziej kosztowna, gdyż tworzone dodatki muszą być dostosowane do istniejącego indywidualnego oprogramowania [2].

W latach 2008-2010 w Polsce największą popularnością cieszyły się rozwiązania na licencji samodzielnej (powyżej 30%), dedykowane rozwiązania (poniżej 30%) i rozwiązania Open Source (około 30%). Tylko 17% sklepów korzystało z modelu SaaS. W 2012 roku 29,1% e-sklepów działało w oparciu o model SaaS, 28,1% e-sklepów korzystało z bezpłatnych platform Open Source, a dedykowane oprogramowanie miało 24,5% sklepów. Rozwiązanie na licencji samodzielnej miało 14,5% badanych sklepów. W 2016 największą popularnością w Polsce cieszyły się platformy Presta i Shoper [9, 14].

Przedsiębiorcy najczęściej sięgają po gotowe rozwiązania typu SaaS, które pozwalają na szybką konfigurację e-sklepu i prawie natychmiastowe prowadzenie sprzedaży bez ponoszenia dużych kosztów związanych z przygotowaniem dedykowanego oprogramowania i jego obsługą. Gotowe rozwiązania e-sklepowe oferują standardowe funkcjonalności, które w zależności od konkretnej platformy mogą być mniej lub bardziej dostosowane do wymagań i oczekiwań przedsiębiorców. W celu lepszego dopasowania stosowanego rozwiązania do potrzeb przedsiębiorców, operatorzy oprogramowania e-sklepowego dostarczają różne rozszerzenia, aplikacji dodatki. Dzięki nim można zwiększyć funkcjonalność e-sklepu, zintegrować e-sklep z zewnętrznymi systemami informatycznymi czy zautomatyzować istniejące procesy. Niekiedy ich instalacja związana jest z jednorazową opłatą lub z koniecznością wnoszenia opłaty abonamentowej. W Polsce coraz większym zainteresowaniem cieszą się rozwiązania Software as a Service, ze względu na profesjonalne techniczne wsparcie dla przedsiębiorców oraz udostępnianie rozszerzeń, aplikacji i dodatków odpowiadających na zgłaszane przez nich potrzeby [10].

3. Przedmiot analizy

Przedmiotem analizy są standardowe narzędzia i aplikacje platform e-sklepowych, które pozwalają na szybki rozwój sprzedaży internetowej przy niewielkim nakładzie czasu pracy. Przedsiębiorca ma możliwość ich używania już od momentu skonfigurowania podstawowych ustawień e-sklepu. Wykorzystanie ich często związane jest z ponoszeniem dodatkowych kosztów.

W rozdziale zaprezentowano aplikacje e-sklepowe udostępniane na typowej platformie Shoper, która jest oferowana zarówno jako oprogramowanie SaaS, jak i oprogramowanie na licencji samodzielnej. Ponadto z badań wynika, że w styczniu 2018 roku udział platformy Shoper w rynku sklepów internetowych zarejestrowanych w domenie krajowej .pl wynosił 18% [5]. Zastosowanie tego rozwiązania daje sprzedającemu wiele narzędzi i aplikacji, które pozwalają na integrację e-sklepu z zewnętrznymi serwisami (media społecznościowe, serwisy aukcyjne i porównywarki) oraz bazami danych różnych systemów magazynowych, firm kurierskich i finansowo-księgowych. Jednocześnie pozwala na zautomatyzowanie wielu procesów związanych z działalnością sklepu internetowego.

Shoper oferuje takie aplikacje e-sklepowe jak: integracja z serwisem aukcyjnym Allegro, integracja z porównywarkami cen, produktów i sklepów (Ceneo.pl, Skąpiec.pl, Radar, nokaut.pl, okazje.info, sklepy24.pl, kupujemy.pl, SmartBay.pl), integracja z hurtowniami i dystrybutorami, integracja z serwerem SMS oraz integracja z systemami informatycznymi takich firm kurierskich jak DHL, DPD, FedEx, GLS, UPS czy InPost. Do analizy wybrano aplikacje, które zwiększają szanse sklepu internetowego na szybkie pozyskanie klientów. Są to integracja z serwisem aukcyjnym – na przykładzie integracji z Allegro – oraz integracja z porównywarką – na przykładzie integracji z Ceneo.

4. Integracja e-sklepu z serwisem aukcyjnym Allegro

Serwis aukcyjny Allegro od wielu lat cieszy się dużym zaufaniem u kupujących przez internet. Szacuje się, że generuje on około 30% obrotu polskiego e-commerce. Równocześnie statystyki odwiedzalności pokazują jego dominującą popularność na rynku krajowym, gdyż obsługuje on około 50% ruchu e-commerce w Polsce [20]. Wynika z tego, że wprowadzenie sprzedaży na serwis Allegro pozwala w krótkim czasie dotrzeć do szerokiej grupy osób zainteresowanych zakupami przez internet i może być łatwym sposobem na pozyskanie klientów.

Wykorzystanie gotowej aplikacji do integracji sklepu internetowego z serwisem aukcyjnym daje użytkownikowi (menadżerowi e-sklepu) dostęp do wielu zaawansowanych funkcji bez niedogodności związanych z wykorzystaniem oprogramowania zewnętrznego. Głównym efektem integracji jest usprawnienie procesu tworzenia ofert i sprzedaży.

Istnieją dwie podstawowe możliwości integracji sklepu internetowego z serwisem Allegro – integracja jednokierunkowa i integracja dwukierunkowa. Integracja jednokierunkowa sprowadza się do automatycznego przesyłania danych o produktach i ich cenach, które są wykorzystywane w automatycznie generowanych aukcjach. Integracja dwukierunkowa dodatkowo oferuje automatyczne zapisywanie informacji o zamówieniach złożonych przez Allegro oraz o klientach w bazie danych sklepu internetowego. Skutkuje to między innymi automatycznym zmniejszaniem stanów magazynów w e-sklepie również po odnotowaniu zakupu dokonanego na Allegro.

Na platformie Shoper, w pakiecie platynowym, moduł odpowiedzialny za integrację sklepu internetowego z serwisem aukcyjnym Allegro jest od razu dostępny (bez konieczności wcześniejszej jego instalacji). Można go łatwo znaleźć w panelu administracyjnym i skonfigurować wybierając opcję: *Konfiguracje>Integracje>Systemy aukcyjne*. Rozpoczęcie automatycznej sprzedaży produktów z wykorzystaniem Allegro wymaga również stworzenia konta w serwisie aukcyjnym i przypisania go do sklepu internetowego.

4.1. Zalety gotowej integracji sklepu internetowego z serwisem Allegro

Zastosowanie gotowej integracji z serwisem Allegro pozwala na szybkie i łatwe uruchomienie tam sprzedaży (między innymi dzięki bezpłatnemu dostępowi do kilkudziesięciu szablonów aukcyjnych). Jednorazowe skonfigurowanie szablonu aukcji wystarczy, aby później masowo otwierać nowe aukcje za pomocą „jednego kliknięcia” – opisy, zdjęcia i inne informacje o produktach są pobierane automatycznie.

Kolejną zaletą tego rozwiązania jest automatyczna aktualizacja stanów magazynowych e-sklepu po potwierdzeniu zakupów przez serwis Allegro oraz automatyczne generowanie informacji o dostępności produktów w serwisie Allegro w przypadku zakupów dokonanych przez sklep internetowy. Transakcje dokonane w serwisie aukcyjnym pojawiają się w panelu administracyjnym e-sklepu jako nowe zamówienia. System integrujący daje również możliwość wystawienia wielu produktów równocześnie (zarówno w opcji „kup teraz”, jak i w opcji licytacji). Ponadto istnieje możliwość dodawania do aukcji konkretnego produktu informacji o takich jego cechach jak np. kolor czy rozmiar.

Integracja sklepu internetowego z serwisem Allegro usprawnia proces sprzedaży dla e-sklepu i proces zakupu dla klientów. Klienci w swoich zamówieniach mogą wprowadzać zmiany związane z wyborem formy płatności czy adresu wysyłki paczki. Dostępne formy dostawy są na bieżąco aktualizowane. System pozwala automatycznie łączyć zamówienia złożone przez tego samego kupującego (ten sam login na Allegro) i grupować towary zakupione przez niego na różnych aukcjach. Moduł integracji odpowiada również za pobieranie informacji o wpłatach przez system PayU, co w konsekwencji skraca czas realizacji zamówienia.

Integracja sklepu z serwisem Allegro pozwala automatycznie wznawiać aukcje, gdy produkty pojawiają się na stanie magazynowym oraz automatycznie wyłączać aukcje dotyczące produktów, które nie są dostępne (zerowy stan magazynowy). Po wystawieniu produktów w serwisie Allegro automatycznie rezerwowane są produkty w sklepie. System integracji Allegro ze sklepem internetowym pozwala na obsługę wielu kont na Allegro (różne loginy).

Po zakończeniu aukcji możliwe jest automatyczne wystawianie komentarza pozytywnego za otrzymany komentarz pozytywny (szczególnie użyteczne przy dużej liczbie akcji zakończonych sprzedażą). Inną użyteczną funkcjonalnością integracji dwustronnej jest także możliwość pobierania informacji o produktach z Allegro do e-sklepu.

Dzięki integracji sklepu internetowego z Allegro, sklep może szybko pozyskać klientów, a jednocześnie może budować zaufanie do swojej marki. Warto jednak zauważyć, iż obecna polityka serwisu Allegro kładzie coraz większy nacisk, aby ograniczać działalność promocyjną sklepów internetowych na swoich stronach.

Jest to zrozumiałe, gdyż celem Allegro jest pośredniczenie w jak największej liczbie transakcji pomiędzy klientem a sklepem.

4.2. Koszty integracji e-sklepu z Allegro

Na platformie Shoper integracja e-sklepu z Allegro jest bezpłatna. Jednak korzystanie z serwisu aukcyjnego Allegro związane jest z ponoszeniem dodatkowych kosztów przez e-sklep. Allegro pobiera 3 rodzaje opłat:

- za wystawienie przedmiotu,
- prowizję od sprzedaży (od 1,5% do 15%),
- i za ewentualne opcje dodatkowe.

Koszt związany z wystawieniem produktu na aukcji wynosi od 10 gr do 25 zł za 10 dni i jest uzależniony od rodzaju sprzedawanego produktu (kategorii, w której umieszczona będzie aukcja). Za większość wystawionych aukcji pobierana jest prowizja od sprzedaży wynosząca od 1,5% do 15% wartości produktu w zależności od przypisanej do niej kategorii. W celu wyróżnienia własnej oferty na tle innych ofert na Allegro można zastosować dodatkowe opcje (np. pogrubienie czy podświetlenie tytułu aukcji), co związane jest z ponoszeniem dodatkowych kosztów w kwocie od kilku złotych do nawet kilkudziesięciu złotych za 10 dni prezentowania oferty aukcji (w zależności od sposobu wyróżnienia oferty oraz kategorii, do której należy produkt).

4.3. Rekomendacje integracji sklepu internetowego z Allegro

Wykorzystanie integracji z Allegro może być dla e-sklepu źródłem łatwego pozyskiwania klientów, pod warunkiem zaproponowania produktów atrakcyjnych dla klientów (np. oryginalne produkty, niska cena, niskie koszty dostawy). Badania pokazują również wpływ pór roku na trendy zakupowe. Przykładowo widoczne jest zwiększone zainteresowanie zabawkami w okresie poprzedzającym Dzień Dziecka i Boże Narodzenie [4].

Jednocześnie tworząc oferty zintegrowane z aukcjami należy zwrócić uwagę na to, żeby cena produktu uwzględniała dodatkowe koszty związane z opłatami i prowizjami pobieranymi przez serwis Allegro. Szczególnie dotyczy to produktów z takich kategorii jak np. „Dom i ogród”, „Dziecko”, „Muzyka” czy „Książki”, dla których prowizje od sprzedaży sięgają około 10%. Przed zastosowaniem integracji z Allegro należy też sprawdzić, czy asortyment e-sklepu jest chętnie kupowany przez użytkowników Allegro.

Integracja z serwisem Allegro jest bardziej uzasadniona, gdy planowane jest oferowanie większej ilości produktów na aukcjach. Parametry aukcji (ilość produktów, czas aktywności akcji, wyróżnienie oferty itp.) należy tak wybrać, aby minimalizować koszty związane z opłatami pobieranymi przez Allegro.

Warto też zwrócić uwagę na fakt, że na skuteczność sprzedaży za pośrednictwem serwisu Allegro bardzo duży wpływ ma opinia klientów

o sprzedawcy. Tworzona jest ona na podstawie opinii o transakcjach, które są pisane przez klientów. Obejmuje ona oceny: jakości obsługi, czasu dostawy i kosztu dostawy. Ograniczenie działań e-sklepu wyłącznie do zintegrowania go z Allegro, bez zaoferowania wysokiej jakości realizacji transakcji, może nie przynieść pozytywnych skutków w postaci pozyskania klientów. W przypadku zakupów internetowych pozytywne opinie o e-sklepie są kluczowe w podejmowaniu decyzji o złożeniu zamówienia.

Niektóre sklepy internetowe budują swój model biznesu wyłącznie na sprzedaży za pośrednictwem serwisu aukcyjnego Allegro. Inni dodatkowo próbują zachęcić klientów do zakupów bezpośrednio w sklepie internetowym – wówczas wystawienie oferty na Allegro ma być formą promocji e-sklepu. Przyciągnięcie klientów zainteresowanych asortymentem sklepu bezpośrednio na stronę sklepu pozwala oferować produkty w atrakcyjniejszych cenach lub uzyskiwać wyższą marżę ze sprzedaży.

5. Integracja e-sklepu z porównywarkami cenowymi

Innym szybkim sposobem na promocję e-sklepu jest wykorzystanie porównywarek cen. Badania rynku e-commerce pokazują, że około 60% klientów e-sklepów przy podejmowaniu decyzji o zakupie korzysta z porównywarek cen. Najpopularniejszą z nich jest Ceneo, które miesięcznie odwiedzane jest przez ponad 15 milionów użytkowników. Szacuje się, że jest ono źródłem około 15% transakcji w sklepach internetowych [15].

Na platformie Shoper dostępna jest aplikacja integrująca sklep internetowy z Ceneo. Jej działanie polega na generowaniu pliku XML w formacie zgodnym z wymaganiami Ceneo zawierającego informacje o produktach znajdujących się w ofercie e-sklepu. Ten format rozszerzony pozwala na mapowanie grup i atrybutów oraz wykluczanie wybranych produktów. Przesyłane są w nim informacje dotyczące atrybutów produktów, rozmiarów, rozszerzonych opisów i innych treści istotnych dla kupujących. W efekcie pozwala to efektywnie prezentować produkty w porównywarce i umożliwia klientowi dokładniejsze poznanie produktu. Aplikacja korzysta z uprawnień: dowiązywania w atrybutach produktów, odczytu produktów ze sklepu i generowania na podstawie kategorii ścieżek do kategorii Ceneo [8].

W celu skonfigurowania integracji należy wybrać z menu: *Konfiguracje>Integracje>Porównywarki cen*. Konieczne jest również stworzenia konta sklepu internetowego na Ceneo.

5.1. Zalety integracji sklepu internetowego z porównywarką Ceneo

Integracja sklepu internetowego z Ceneo daje szerokie możliwości promocji sklepu i jego marki oraz pozyskania klientów i prowadzenia sprzedaży już od momentu rozpoczęcia działalności. Dzięki narzędziom dostępnym w Ceneo możliwe jest budowanie i umacnianie marki e-sklepu jako godnego zaufania (program Zaufane Opinie) oraz spełniającego oczekiwania kupujących związane z realizacją zamówienia (narzędzia do oceny produktów i e-sklepów).

Integracja sklepu internetowego z Ceneo pozwala na automatyczne pobieranie bazy produktów, przez co skraca się czas potrzebny na zaprezentowanie oferty sklepu w porównywarkę. Integracja sklepu w platformie Shoper pozwala wybierać produkty, które mają być prezentowane w porównywarkę Ceneo. W celu prezentowania aktualnej oferty sklepu na Ceneo wystarczy na bieżąco aktualizować dane o produktach i cenach w sklepie (aktualizacja oferty na Ceneo następuje automatycznie). Jest to szczególnie istotne, gdy sklep oferuje produkty, których ceny często ulegają zmianom.

Do Ceneo eksportowane są takie podstawowe dane dotyczące oferty jak: nazwa produktu, cena, opis, zdjęcie oraz informacje o dostępnych możliwościach przesyłki, a także o aktualnych stanach magazynowych. Dodatkowo można przekazywać informacje o dostępnych rozmiarach i kolorach produktu oraz korzystać z filtrów Ceneo. Im pełniejsze informacje o produkcie zostaną podane do Ceneo, tym więcej przejść użytkowników do sklepu internetowego jest zakończonych złożeniem zamówienia.

Poza tym istnieje możliwość zastosowania opcji koszyka „Kup na Ceneo”, która polega na finalizacji zakupów bezpośrednio w porównywarkę. Klienci mogą chętniej złożyć zamówienie, gdy mają gwarancję bezpieczeństwa transakcji (o którą trudno, gdy sklep działa krótko). Korzystając z tej opcji sklep płaci prowizję do Ceneo, ale nie ponosi kosztów związanych z płatnością online.

5.2. Koszty integracji z Ceneo

Również integracja sklepu internetowego z Ceneo związana jest z ponoszeniem kosztów. Za umieszczenie oferty sklepu internetowego w Ceneo pobierana jest opłata typu CPC (ang. Cost Per Click), tj. za kliknięcie, czyli przejście ze strony Ceneo na stronę sklepu. Jest to stała opłata w wysokości od 27 do 90 groszy w zależności od wybranej kategorii i pory roku (sezonu). W okresie od października do grudnia opłata jest wyższa o od kilku do kilkunastu groszy.

5.3. Rekomendacje

Na sukces w porównywarce cenowych mogą liczyć sklepy internetowe, które oferują produkty po konkurencyjnych cenach, dobrze wykorzystują narzędzia promocji oferty oraz budują markę swojego sklepu jako godnego zaufania. Takie działania pozytywnie wpływają nie tylko na wzrost sprzedaży w pierwszej fazie cyklu życia sklepu, ale również zwiększają szansę na rozwój sprzedaży w kolejnych fazach jego cyklu życia.

Oferowanie konkurencyjnych cen nie jest gwarancją sukcesu na Ceneo i nie zawsze prowadzi do uzyskania sprzedaży przez sklep. Konieczna jest wielka troska o wysoką jakość obsługi klienta, która ma prowadzić do zadowolenia klienta i wystawiania pozytywnych opinii dla sklepu. W porównywarce Ceneo funkcjonuje Program Zaufane Opinie, w którym sklepy internetowe oceniane są wyłącznie przez klientów. Ankiety ocen wysyłane są do nich po zrealizowanej transakcji. Dzięki temu sklep oceniany jest przez faktycznych klientów e-sklepu. Najwyżej oceniane sklepy internetowe mają większe szanse na wyświetlenie ich ofert w Strefie Polecanych Ofert. Poza tym sklepy uczestniczące w programie Zaufane Opinie mogą być też obejmowane Programem Ochrony Kupujących, w którym klient otrzymuje wysoką rekompensatę zarówno w przypadku braku realizacji zamówienia, jak i otrzymania towaru znacznie różniącego się od oferty (koszty rekompensaty ponosi Ceneo).

6. Podsumowanie i wnioski

Z przeprowadzonej analizy rysuje się pozytywny wpływ aplikacji e-sklepowych, udostępnianych przez dostawców oprogramowania, na możliwości szybkiego pozyskania klientów. Wykorzystanie integracji z serwisami aukcyjnymi i porównywarce daje szansę na dotarcie do grupy internautów zainteresowanych zakupami konkretnych produktów. Jest to szczególnie ważne dla nowo powstałych sklepów internetowych, które nie mają wyrobionej marki i nie posiadają stałych klientów. W pierwszej fazie istnienia e-sklepu ruch organiczny (z wyszukiwarki) jest bardzo ograniczony ze względu na krótki czas jego pozycjonowania. Wykorzystanie popularności serwisów pośredniczących (serwisy aukcyjne, porównywarki cen) pozwala e-sklepowi błyskawicznie zaistnieć w internecie i pozyskać klientów.

Stosowanie gotowych aplikacji wiąże się również z zagrożeniami, których źródłem jest wielość modułów i łatwość dostępu do różnych aplikacji. Przedsiębiorca wybierając zbyt wiele z nich rozprasza swoją uwagę. W konsekwencji nie skupia się na działaniach, które mogłyby przynieść mu największy zysk. Może to również negatywnie wpływać na efektywność e-sklepu. Kolejnym ważnym zagrożeniem dla przedsiębiorcy jest zrezygnowanie z części potencjalnego zysku poprzez ponoszenie kosztów prowizji i opłat związanych z wykorzystaniem serwisów pośredniczących oraz poprzez obniżanie cen, aby były konkurencyjne

i atrakcyjne dla kupujących. Jest to szczególnie istotne dla e-sklepów w początkowej fazie funkcjonowania, które nie posiadają wystarczająco dużo wiarygodnych i pozytywnych opinii czy też rekomendacji od klientów.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że standaryzacja gotowych aplikacji e-sklepowych i ich powszechność stosowania sprawia, że mogą stać się one obiektem ataków hakerskich. Stąd też stosowanie ich wymaga czujności ze strony przedsiębiorcy oraz troski o bieżące aktualizowanie oprogramowania sklepu internetowego.

Reasumując, gotowe aplikacje e-sklepowe mogą być szeroko wykorzystywane przez przedsiębiorców zarówno w celu pozyskania sprzedaży, jak i zdobycia popularności i podniesienia poziomu znajomości marki sklepu wśród internautów. Jednakże wycofanie się z aktywnego promowania sklepu za ich pomocą, pozwala na obniżenie kosztów zawierania transakcji i daje przedsiębiorcy możliwość większego wpływania na ceny i wielkość osiąganego zysku.

Literatura

- [1] Banaś B., *Barometr ecommerce od Sociomantic Labs*, 2016 (www.sociomantic.pl/barometr-e-commerce-2016/, dostęp: 08.06.2017)
- [2] Buraczyńska B., *The premise of choosing a dedicated IT platform for an online store on the example of companies X and Y operating e-commerce w: Actual problems of modern science*, red. J. Musiał, O. Polishchuk, R. Sorokaty – Khmelnytskyi, Ukraina: Khmelnytsky National University, 2017, s. 627–629
- [3] Buraczyńska Barbara, Kuczmaszewska Anna *Młody inżynier XXI wieku* [red:] Buraczyńska Barbara, Kuczmaszewska Anna. Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2018, s. 219,
- [4] Druś A., *Polak na Allegro – 12.12.2017*, Puls Biznesu, www.pb.pl/polak-na-allegro-900718, dostęp: 05.05.2018
- [5] *Ecommerce usage in Poland*, <https://trends.builtwith.com/shop/country/Poland>, dostęp: 05.05.2018
- [6] Flis Monika, Wernio Piotr, Buraczyńska Barbara *Analiza porównawcza narzędzi internetowych do tworzenia prezentacji multimedialnych na przykładzie Microsoft PowerPoint Office 365 i Prezi Next Online w: Młody inżynier XXI wieku*; [red:] Buraczyńska Barbara, Kuczmaszewska Anna, Lublin: Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2018, s. 46–58
- [7] Korga Sylwester, Płecha Agata, Szulżyk-Cieplak Joanna, *Media społecznościowe w dobie społeczeństwa informatycznego w: Poszerzamy horyzonty. T. 5*; [red:] Piotrowska-Puchała Agnieszka, Bogusz Małgorzata, Wojcieszak Monika, Rachwał Piotr, Słupsk: Mateusz Weiland Network Solution, 2017, s. 158–166
- [8] Panel administracyjny platformy Shoper.pl, dostęp: 05.05.2018

- [9] *Ranking Platform Sklepów Internetowych 2016*, blog.veltis.pl/2016/03/30/ranking-platform-sklepow-internetowych-2016/, dostęp: 05.05.2018
- [10] *Raport e-commerce 2015*, Wrocław: Interaktywnie.com Ltd., 62–65
- [11] *Raport e-commerce 2018*, Wrocław: Interaktywnie.com Ltd., s. 17
- [12] *Raport E-commerce Standard 2015*, International Data Group Poland SA, 2015, s. 62
- [13] *Raport E-commerce Standard 2016*, International Data Group Poland SA, 2016, s. 4
- [14] *Raport ehandel Polska 2012*, Dotcom River Ltd., Wrocław, 2012, s. 72
- [15] Serwis Ceneo.pl, <https://biznes.ceneo.pl>, dostęp: 10.05.2018
- [16] Szulżyk-Cieplak Joanna, Puchtel Aleksandra, Płecha Agata, *Media społecznościowe jako narzędzia reklamy internetowej*, EDUKACJA–TECHNIKA–INFORMATYKA, 2017, Vol. 20, No. 2, s. 290–295
- [17] Urban Wiesław, Buraczyńska Barbara, *E-commerce flexibility studied on the basis what can be obtained from the customer interface w: Economic and social development : 24th International Scientific Conference on Economic and Social Development – "Managerial Issues in Modern Business"* [WOS]; [Red:] Przygoda Mirosław, Cingula Marijan, Yongqiang Li-Varazdin: Varazdin Development and Entrepreneurship Agency [et al.], 2017, s. 283–291, Book of Proceedings, ISSN 1849-7535
- [18] *W 2020 r. wartość polskiego rynku e-commerce wyniesie ponad 60 mld zł – 15.09.2017*, www.wiadomoscihandlowe.pl/artykuly/w-2020-r-wartosc-polskiego-ryнку-e-commerce-wyniesie,41952, dostęp: 05.05.2018
- [19] Wójcicka-Migasiuk Dorota, Śniadkowski Mariusz, Rarot Halina, Łazuka Ewa, Szuster Janusz, Gorgol Izolda, Wójcik Wiesław, Geneja Agnieszka *Między ciągłością a zmianą : innowacje w nauce i technice społeczeństwa ponowoczesnego* [red:] Wójcicka-Migasiuk Dorota, Śniadkowski Mariusz, Rarot Halina, Łazuka Ewa, Szuster Janusz, Gorgol Izolda, Wójcik Wiesław, Geneja Agnieszka, Lublin: Politechika Lubelska, 2018, s. 293
- [20] Wójcik M., *Udziały Allegro w polskim e-commerce – 04.04.2017*, <https://smartcookies.pl/udzialy-allegro-w-polskim-e-commerce/>, dostęp: 05.05.2018

Marek Bolesław Horyński¹

Systemy automatyki budynkowej jako element infrastruktury krytycznej przeznaczone do oszczędnego zarządzania energią w budynkach

Słowa kluczowe: automatyka budynkowa, oszczędność energii, zarządzanie energią, infrastruktura krytyczna, integracja

Streszczenie

W pracy zostały przedstawione wybrane systemy automatyki budynkowej przeznaczone do oszczędnego zarządzania energią w obiektach zaliczanych do infrastruktury krytycznej. Współcześnie w sferze bezpieczeństwa człowieka ważne miejsce zajmuje infrastruktura krytyczna (IK). Według definicji zawartej w ustawie o zarządzaniu kryzysowym stanowią ją „systemy oraz wchodzące w ich skład powiązane ze sobą funkcjonalnie obiekty, w tym obiekty budowlane, urządzenia, instalacje, usługi kluczowe dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców”. Wprowadzenie automatyzacji w sektorze budownictwa wymusiło szybki rozwój techniki informatycznej. O zaliczeniu obiektu do IK decydują szczegółowe kryteria, które zapisane są w niejawnym załączniku do Narodowego Programu Infrastruktury Krytycznej.

1. Wstęp

Ważnym elementem w czasie eksploatacji budynku jest odpowiednie określenie jego profilu energetycznego. Z zagadnieniem tym wiąże się pojęcie bezpieczeństwa energetycznego. Bezpieczeństwo energetyczne zostało zdefiniowane w trzech dokumentach:

- Doktrynie zarządzania bezpieczeństwem energetycznym;
- Ustawie – Prawo energetyczne;
- Polityce Energetycznej Polski do roku 2030.

Definicję bezpieczeństwa energetycznego sformułowano w „Doktrynie zarządzania bezpieczeństwem energetycznym”. Określa ona bezpieczeństwo energetyczne jako zdolność do zaspokojenia w warunkach rynkowych popytu na energię pod względem ilościowym i jakościowym, po cenie wynikającej z równowagi popytu i podaży, przy zachowaniu warunków ochrony środowiska.

¹ dr inż. Marek B. Horyński, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska

Natomiast zgodnie z definicją zawartą w Ustawie Prawo energetyczne bezpieczeństwo energetyczne jest to stan gospodarki umożliwiający pokrycie perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię, w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska. Prawo do bezpieczeństwa jest jednym z podstawowych, których od lat domagają się ludzie. Nowoczesna technika przynosi szereg rozwiązań, które pozwalają na podniesienie stopnia bezpieczeństwa oraz komfortu życia [8].

Problematyka bezpieczeństwa jest zagadnieniem niejednorodnym, ponieważ dotyczy różnych systemów, które mogą działać niezależnie. Zaliczają się do nich instalacje wchodzące w skład współczesnych budynków i decydujące o prawidłowym, energooszczędnym zużyciu energii. W powszechnym, ogólnie funkcjonującym rozumieniu określa się nimi elementy instalacji budynkowych budynków, które służą zapewnieniu ochrony mienia [2, 5-7, 11]. Niemniej istotne jest zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego [3, 9].

Wzrost kosztów związanych z pozyskiwaniem energii oraz eksploatacją urządzeń i prawodawstwo unijne zmuszają do podejmowania działań oszczędnościowych związanych z energią.

W czerwcu 2010 roku pod patronatem British Standards Institution (BSI) wprowadzona została na polski rynek norma BS EN 16001:2009 ustanawiająca nowy standard w zakresie Systemu Zarządzania Energią (SZE), którą następnie zastąpiła norma PN-EN ISO 50001:2012. „Niniejsza Norma określa wymagania co do oceny, wdrożenia, utrzymania i poprawy systemu zarządzania energią, który ma na celu umożliwić organizacji zastosowanie systematycznego podejścia w osiąganiu ciągłej poprawy wydajności energetycznej, w tym efektywności energetycznej, użytkowania energii i jej zużycia” [10].

Zgodnie z tą normą można zdefiniować system zarządzania energią, jest to „zbiór wzajemnie powiązanych i współdziałających elementów organizacji zapewniający ustanowienie polityki energetycznej, jej celów oraz osiągnięcie tych celów”.

W celu stymulacji i skłaniania odbiorców energii do zachowań pro oszczędnościowych przewidziano świadectwa efektywności energetycznej, czyli tzw. białe certyfikaty.

Rozwój automatyki budynkowej przyczynia się do stopniowego procesu zintegrowania instalacji istniejących dotychczas wewnątrz budynków, jako odrębne. Zmiana idei funkcjonowania instalacji budynkowych wprowadziła do zabezpieczeń tych systemów mechanizmy i zasady dotychczas obecne w ochronie systemów informatycznych takich jak: poczta elektroniczna lub bankowe konta internetowe.

Na szczególną uwagę zasługują działania mające na celu:

- prowadzenie pomiarów zużycia energii i innych wielkości i wykonywanie na ich podstawie analizy zużycia energii;

- identyfikowanie na terenie obiektów podlegających wprowadzeniu systemu zarządzania energią źródeł oraz odbiorów energii;
- określanie zużycia energii obecnie i w przeszłości;
- prognozowanie zapotrzebowania na energię w przyszłości;
- wskazywanie miejsc o istotnym zużyciu energii;
- identyfikację obszarów o znaczącym zużyciu energii;
- identyfikację komponentów instalacji oraz procesów i określanie ich wpływu na zużycie energii;
- monitoring zużycia energii i określanie miejsc w systemie znacząco wpływających na jego wzrost [12];
- określenie wydajności procesów, urządzeń o znaczącym zidentyfikowanym zużyciu energii [1].

Systemy automatyki budynkowej mogą być elementem tzw. Infrastruktury krytycznej, którą definiuje się w Ustawie o zarządzaniu kryzysowym Infrastruktura krytyczna są to „systemy oraz wchodzące w ich skład, powiązane ze sobą funkcjonalnie obiekty, w tym obiekty budowlane, urządzenia, instalacje, usługi kluczowe dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorstw”.

Organizując system bezpieczeństwa danego obiektu należy przewidzieć również możliwość przebywania w nim osób niepełnosprawnych.

2. Rola standardów zintegrowanych systemów automatyki w uzyskiwaniu energooszczędności budynków

Telemetria to dziedzina telekomunikacji zajmująca się technikami przesyłu wartości pomiarowych na odległość. Polega ona zazwyczaj na umieszczeniu w oddalonych punktach urządzeń, które dokonują pomiaru wybranej wielkości oraz automatycznej transmisji danych drogą przewodową lub bezprzewodową do systemu centralnego. Telemetria w obecnych czasach jest jedną z dziedzin techniki, której wykorzystanie jest jednym z zasadniczych i bazowych elementów innych dziedzin techniki, a co za tym idzie życia. Zastosowanie transmisji danych drogą bezprzewodową staje się obecnie, coraz bardziej powszechne i wybierane, a także wypiera tradycyjne sposoby przewodowe. Wiąże się na to kilka składników. Przede wszystkim jest to rezygnacja z potrzeby wyjeżdżania do obiektów w celu nadzoru, przeprowadzenia pomiaru, a także sprawdzenia diagnostyki urządzeń. Dodatkowym atutem jest także redukcja kosztów wynikających z wyżej wymienionych wyjazdów, a także zwiększona oszczędność poprzez eliminację systemów przewodowych. Kolejną istotną zaletą stosowania takich układów jest szybki dostęp do informacji. Dzięki ciągłemu nadzorowi on-line możliwy jest wgląd do każdego, dowolnie oddalonego obiektu w celu np. sczytania pomiarów.

Urządzenia także są w stanie wręcz natychmiastowo informować odbiorców o istotnych zmianach, zdarzeniach i alarmach, przez co można zapobiegać awariom i usterkom manualnie lub automatycznie z odpowiednio zaprogramowanym modulem, co się wiąże ze zwiększeniem bezpieczeństwa urządzeń, instalacji i systemów.

Dzięki tym zaletom systemy telemetryczne są coraz częściej wybieraną opcją w systemach rozproszonych w energetyce (zliczanie pomiarów liczników), systemach wodociągowo-kanalizacyjnych, takich jak: przepompownie, ujęcia wody, studnie, stacje uzdatniania wody, czy oczyszczalnie ścieków (nadzór nad jakością wody, ilością przekazanej lub pobranej wody i emisją, imisją ścieków). Wykorzystuje się je także w stacjach meteorologicznych, czy też w budownictwie jedno- i wielorodzinnym dla zapewnienia bezpieczeństwa i zminimalizowania czasu reakcji. Systemy te są coraz częściej stosowane.

3. Zdalny odczyt liczników

Energia elektryczna zajmuje ważne miejsce w strukturze kosztów obiektów budowlanych. Zasilane są głównie systemy sterowania oświetleniem, wentylacją, klimatyzacją i urządzeniami gospodarstwa domowego. Ważne jest zastosowanie energooszczędnego oświetlenia oraz nowoczesnych urządzeń wentylacyjnych i klimatyzacyjnych.

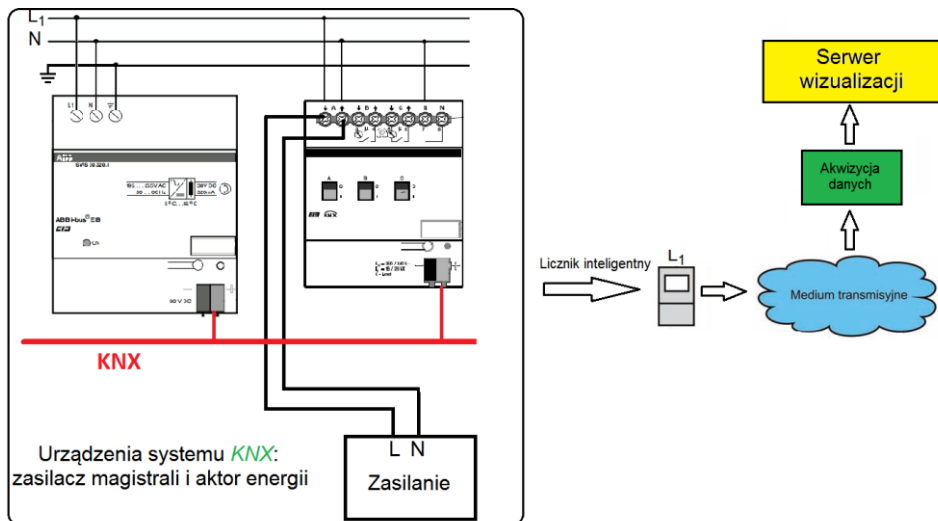
Zarządzanie obciążeniem pełni kluczową rolę w ekonomicznym gospodarowaniu energią elektryczną. Rzeczywiste możliwości oszczędzania energii wynikają ze spójności i integracji wszystkich systemów zastosowanych w budynku. Optymalne wyniki uzyskuje się przy odpowiednim wykorzystaniu przez program sterujący dostępnych zasobów sprzętowych.

W systemach teledetrii wykorzystane są różne techniki połączenia komunikacyjnego pozwalające na komunikację pomiędzy uczestnikami wymieniającymi się informacjami. Transmisja pozwala na komunikację jednostronną (simplex) lub dwustronną (duplex). Komunikacja ta, odbywa się za pomocą m.in. sieci GSM i GPRS.

Trwające obecnie prace, zmierzają do uzupełnienia Laboratorium Energooszczędnych Systemów Budynkowych o urządzenia zarządzające energią i liczniki inteligentne. Jednym z takich urządzeń jest aktor energetyczny. W systemie KNX jest parametryzowany jak inne urządzenia magistralne, ale posiada szereg funkcji pozwalających na zarządzanie energią w budynku. Oprócz funkcji typowych dla urządzenia stycznikowo-przełącznikowego aktor posiada licznik, który umożliwia realizację pomiarów elektrycznych. Odpowiednia parametryzacja urządzenia umożliwi zarządzanie energią dzięki ciągłej kontroli i ograniczenie nadmiernego jej zużycia. Aktor mierzy szereg wielkości elektrycznych. Natężenie prądu i napięcie mierzone są w sposób bezpośredni, natomiast moc czynna, moc pozorna, częstotliwość, czy kąt fazowy obliczane są na ich podstawie.

Dyrektywy unijne określają „licznik inteligentny” jako zespół urządzeń służących do pomiaru energii elektrycznej oraz do przekazywania informacji pomiarowych za pomocą systemu teleinformatycznego (Rys. 1).

Każdy system zdalnego odczytu powinien umożliwiać współpracę z dowolnym licznikiem energii elektrycznej i mieć możliwość rozszerzenia jego funkcjonalności o pomiar innych mediów, jak woda i gaz. System ma zapewniać selektywny, swobodny dostęp do danych, powinien być prosty w rozbudowie oraz łatwy i tani w utrzymaniu. Dzięki połączeniu odbiorników energii elektrycznej z wyjściami aktorów wyposażonych w moduły pomiarowe, zwykła sieć KNX może realizować założenia Smart Metering. Sygnały odczytane na wyjściach za pośrednictwem magistrali KNX przesyłane są do głównego licznika, którego rolą jest zliczanie zużycia w całym gospodarstwie domowym. Dane z licznika głównego mogą zostać wysłane dalej, wprost do dostawcy energii elektrycznej zapewniając tym znaczne oszczędności w porównaniu do klasycznego systemu odczytu.



Rys. 1. Zdalny odczyt liczników

Źródło: opracowanie własne

Dla każdego systemu automatycznego pozyskiwania danych pomiarowych (ang. Automatic Meter Reading, AMR) kluczowym problemem jest zastosowanie właściwej w danej sytuacji technologii transmisji danych (odpowiedniego medium transmisyjnego). Obecne możliwe są dwie grupy rozwiązań:

- przewodowe – transmisja danych z wykorzystaniem elektroenergetycznych sieci zasilających PLC/PLD (ang. Power Line Communication), łączy telefonicznych, dedykowanych łączy teletechnicznych (w tym Ethernet);

- bezprzewodowe – modemy radiowe, transmisja z wykorzystaniem standardu ZigBee, Bluetooth lub GSM.

Obecnie coraz częściej rozwiązania kablowe stają się niewystarczające, bądź niemożliwe do zastosowania. Odpowiedzią na zapotrzebowanie na alternatywne sposoby komunikacji jest komunikacja radiowa. Istnieje wiele rozwiązań wykorzystujących łatwo dostępne modemy radiowe, które konwertują dane z portów RS-232 lub RS-485 licznika na sygnał radiowy i odwrotnie.

Wadą rozwiązań bazujących na transmisji w pasmach otwartych jest stosunkowo mały zasięg, wynikający z ograniczeń prawnych i technicznych, wynoszący od kilkudziesięciu do kilkuset metrów w terenie zabudowanym. Niewątpliwą zaletą systemów transmisji danych drogą radiową jest względnie duża swoboda w lokalizacji urządzeń transmisyjnych, natomiast wadą – wrażliwość na warunki atmosferyczne i uzależnienie od ukształtowania terenu.

Szczególnym przykładem transmisji radiowej jest standard ZigBee. Charakteryzuje się on prostym protokołem, niskim poborem energii (co umożliwia ciągłą pracę na jednym zestawie baterii nawet przez kilka lat), oraz kompatybilnością produktów od różnych producentów w najbardziej popularnym paśmie 2,4 GHz.

4. Podsumowanie

Prawidłowe zarządzanie energią jest jednym z najważniejszych problemów w eksploatacji budynków. Obecnie coraz bardziej popularne do sterowania instalacjami w budynkach są systemy magistralne [2, 4, 9].

Coraz szersza dostępność zautomatyzowanych, zintegrowanych instalacji elektrycznych zwiększa ich zastosowanie. Projektanci nowoczesnych instalacjach elektrycznych, zgodnie z polityką prowadzoną w Unii Europejskiej, powinni kierować się zasadą efektywności energetycznej w budynkach [10]. Istotne jest poznanie interakcji między tymi systemami i niezintegrowanymi urządzeniami. Takie podejście wymaga jednak bardzo dobrej znajomości funkcjonowania nowoczesnej instalacji oraz urządzeń i przeprowadzania szeregu obliczeń, i analiz. Pogłębieniu wiedzy z tego zakresu sprzyjają modele w Laboratorium Energooszczędnych Systemów Budynkowych.

Literatura

- [1] Borkowski P., *Podstawy integracji systemów zarządzania zasobami w obrębie obiektu*, Warszawa, Wydawnictwo WNT, 2009
- [2] Buczaj M., Sumorek A., *Wirtualny system nadzoru sterujący pracą systemu sygnalizacji włamania i napadu*, Motrol, Vol. 12, 2010, s. 46–53
- [3] Horyński M., Majcher J., *Automatyka budynkowa jako element bezpieczeństwa*, TTS Technika Transportu Szynowego, 2016, Vol. 12, s. 425–428

-
- [4] Horyński, M., *The application of dispersed processing networks in order to optimize the energy consumption in contemporary buildings*, Przegląd Elektrotechniczny, 2013, Vol. 7, s. 293–296
- [5] Mikulik J., *Budynek inteligentny – podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych*, Gliwice, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, tom II, 2005
- [6] Ożadowicz A., *Magistralne zintegrowane systemy automatyki budynku – porównanie systemów EIB/KNX i LonWorks*, Elektrotechnika i Elektronika, 21, vol. 1, Wydawnictwa AGH, Kraków, 2002
- [7] Petykiewicz P., *Nowoczesna instalacja elektryczna w inteligentnym budynku*, Warszawa, COSiW SEP, 2001
- [8] Szulżyk-Cieplak J., Lenik K., Korga S., Ozonek J., Juchnowicz R., *Możliwość usprawnień w zakresie bezpieczeństwa na przykładzie zakładów poligraficznych*, Inżynieria bezpieczeństwa obiektów antropogenicznych, 2016, Nr 1, s. 50–56
- [9] Szulżyk-Cieplak J., Lenik K., Łoboda D., *Bezpieczeństwo pożarowe obiektów w aspekcie wymogów specjalnych ośrodków oświatowo-wychowawczych*, Inżynieria bezpieczeństwa obiektów antropogenicznych, 2015, Nr 1, s. 17–21
- [10] Urzędowski A., Wójcicka-Migasiuk D., *Visual analysis of heat transport in unique object*, Advances in Science and Technology Research Journal, Vol. 9, No 28, 2015, p. 153–159
- [11] Norma PN-EN ISO 50001:2012, Systemy zarządzania energią – Wymagania i zalecenia użytkowania
- [12] Podręcznik produktu aktor energetyczny SE/S 3.16.1 firmy ABB, [online], [dostęp 10.06.2014]

Dorota Wójcicka-Migasiuk¹

Innowacyjność w motywowaniu społecznego podejścia do zrównoważenia rozwoju budownictwa w kierunku pasywności

Słowa kluczowe: termowizja, emisyjność, budynki pasywne, energooszczędność, odpowiedzialność

Streszczenie

W rozdziale przedstawiono metodykę pomiarów termowizyjnych w zagadnieniach wybranych dla motywowania do zrównoważenia rozwoju budownictwa energooszczędnego w kierunku budownictwa pasywnego. Wykazano zasadność stosowania analizy obrazów będących wynikiem pomiarów nawet w warunkach naturalnych często odbiegających od możliwości zachowania dokładności takich pomiarów. Przedstawiono wpływ emisyjności powierzchni w warunkach niekorzystnych do wykonania pomiaru wykorzystując to dla analizy i prawidłowego wnioskowania o rzeczywistym stanie badanych powierzchni. Wyjaśniono zasadność przekraczania standardów energooszczędności w kierunku pasywności obiektów budowlanych w sposób zrównoważony bez presji osiągnięcia norm budynków pasywnych. Zwrócono uwagę na konieczność integracji wielu dyscyplin nauk technicznych oraz humanistycznych, w tym szczególnie pedagogiki i psychologii w celu kształtowania zrównoważonego środowiska miejskiego w Polsce.

1. Celowość uwzględniania aspektów proekologicznych

Prezentując rozważania w ramach sesji naukowej *Między ciągłością a zmianą pośród poszukiwań innowacji w nauce i technice społeczeństwa ponowoczesnego* a w tematyce *innowacji w technologiach wytwarzania i technologiach informatycznych*, autorzy podejmują próbę wykazania konieczności integracji wielu dyscyplin także tych wychodzących poza dziedzinę nauk technicznych.

Innowacje są nierozzerwalnie związane z rozwojem, a o rozwoju przepowiedział kiedyś St. Jerzy Lec: „Technika dojdzie do takiej perfekcji, że człowiek będzie się mógł obejść bez siebie”. Właśnie dlatego, aby do takiej sytuacji nigdy nie doszło zwróciliśmy się jako badacze w kierunku rozwoju zrównoważonego. Rozwoju, który nie umniejszy szans przyszłych pokoleń na korzystanie z zasobów środowiska i jego walorów sprzyjających zdrowemu stylowi życia.

¹ dr hab. inż. Dorota Wójcicka-Migasiuk, prof. PL, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska, d.wojcicka-migasiuk@pollub.pl

Autorka wyraża nadzieję, że zaprezentowane tutaj problemy naukowe i aplikacyjne mają ten imperatyw a szczególnie chce zwrócić uwagę na zagadnienia związane ze zrównoważoną produkcją energii z wykorzystaniem energii odnawialnej oraz takim z niej korzystaniem w budynkach energooszczędnych, które właśnie formuje warunki do zrównoważenia rozwoju. Formacja takich warunków jest nierozzerwalnie związana z reformą stylu życia, który za jedną z podstaw przyjmuje poszanowanie zużycia energii. Mierzalną podstawą wyznaczania takich warunków jest normatywna energooszczędność rozpoczynająca się gdy sumaryczne zapotrzebowanie roczne budynku (na energię pierwotną a więc obliczane wskaźnikowo) jest mniejsze niż 250 kWh/m^2 podłogi i rok przy założeniu, że ogrzewanie zabiera z tego maksymalnie 70 kWh/m^2 . Jeżeli udaje się jeszcze obniżyć to zapotrzebowanie, wtedy można mówić o energooszczędności w kierunku pasywności. Gdzie graniczna wartość wynosi 120 kWh/m^2 z granicą dla ogrzewania 15 kWh/m^2 . Wartości te w konsekwencji oznaczają, że energooszczędność można osiągnąć poprzez prawidłowe zaprojektowanie i dobór wysokiej jakości systemów i poszczególnych materiałów izolacyjnych oraz energooszczędnych urządzeń a także właściwe konstrukcje elementów takich jak drzwi, okna czy dach. Nie ma jednak jeszcze potrzeby wprowadzania zmian w trybie pozyskiwania energii ani też w stylu użytkowania obiektu, a co z tym się wiąże, w stylu życia jego mieszkańców. Natomiast, osiągnięcie granicy pasywności już takie wymagania nakłada na użytkowników budynku. Należy też pamiętać, że budownictwo wraz z cyklem użytkowania (na mieszkanie i zastosowania komercyjne oraz służb publicznych) zużywa globalnie nawet ponad 50% energii wytwarzanej, a pozostałe zużycie to transport i przemysł poza biurowy.

Wszystkie aspekty proekologiczne które inspirują nasze działania zmierzające do poszanowania zużycia, nie tylko energii zawartej w paliwach ale mediów takich jak woda powietrze czy gleba, mają wspólny cel jakim jest rozwój zrównoważony. Oznacza to, że należy stale przyjmować strategię: przede wszystkim nie tracić a potem zwiększać efektywność użytkowania. Na nic bowiem się zdadzą chociażby i najdroższe systemy oczyszczania spalin, automatycznej regulacji ogrzewania czy oświetlenia z czujnikami ruchu i sterownikami śledzącymi ruch słońca na nieboskłonie gdy jednocześnie właściciel lub najemca nie zadba o uszczelnienie koperty użytkowanego domu a sąsiad, na przykład, pali śmieci w nisko sprawnym kotle własnej produkcji, dodatkowo bez jakiegokolwiek instalacji oczyszczania spalin. Działania zmierzające w kierunku pasywności budynków wymagają ponoszenia odpowiedzialności za posiadane nieruchomości. [2,5,6,7,8]

Niemniej jednak badania obejmujące własności materiałowe mogą przyczynić się do opracowania takich elementów, które w sposób jeszcze bardziej skuteczny pozwolą na zabezpieczenie przed stratami energii tak jak na przykład to robią materiały izolacyjno-konstrukcyjne w budynkach oraz pozwolą usprawnić proces

konwersji i przepływu energii tam gdzie to jest potrzebne czyli na przykład w systemach pozyskiwania energii odnawialnej.

2. Metodyka wykonywania pomiarów termowizyjnych w warunkach naturalnych niekorzystnych

Zwyczajowo pomiary termowizyjne w budownictwie powinny być wykonywane w trakcie trwania okresu grzewczego, na powierzchniach o wysokiej emisyjności a niskiej refleksyjności, nie oświetlonych słonecznym promieniowaniem bezpośrednim, z odległości zalecanej przez producenta danego urządzenia oraz zapewniając możliwie prostopadłe padanie wiązki pomiarowej. Dodatkowo, przy pomiarach wewnątrz budynku należy zadbać o zneutralizowanie wpływu dodatkowych źródeł ciepła oraz wszelkiego rodzaju przesłon stanowiących stałe lub tymczasowe wyposażenie badanego pomieszczenia. [9,10]

Zaprezentowany przypadek, który jest poddany analizie został wybrany mając również na względzie jubileuszowy charakter publikacji. Pochodzi ze zbioru Katedry Podstaw Techniki, Wydziału Podstaw Techniki a przedstawia fragment obiektu naszej Uczelni, który jest poddawany gruntownej przebudowie. Decyzja o przebudowie, która zapadła już wcześniej jest jak najbardziej uzasadniona chociażby względami energooszczędności a analiza tego przypadku ma już raczej tylko znaczenie historyczne, dokumentując właśnie rozwój uczelni z punktu widzenia zrównoważonego rozwoju.



Rys. 1. Obraz cyfrowy obiektu z zaznaczonymi miejscami pomiaru punktowego wskazuje niekorzystne warunki wykonania pomiaru: widoczna przegroda naturalna (krzew), zbyt wysoka refleksyjność powierzchni oszklonej, tymczasowe źródła ciepła (ludzie, oświetlenie)

W Polsce rozróżniamy V stref klimatycznych, a najcieplejszym regionem Polski jest strefa II, czyli okolice Wielkopolski, zaś najzimniejszą jest strefa V, czyli okolice Suwałk. Warto jednak zauważyć, że interpretując nasłonecznienie

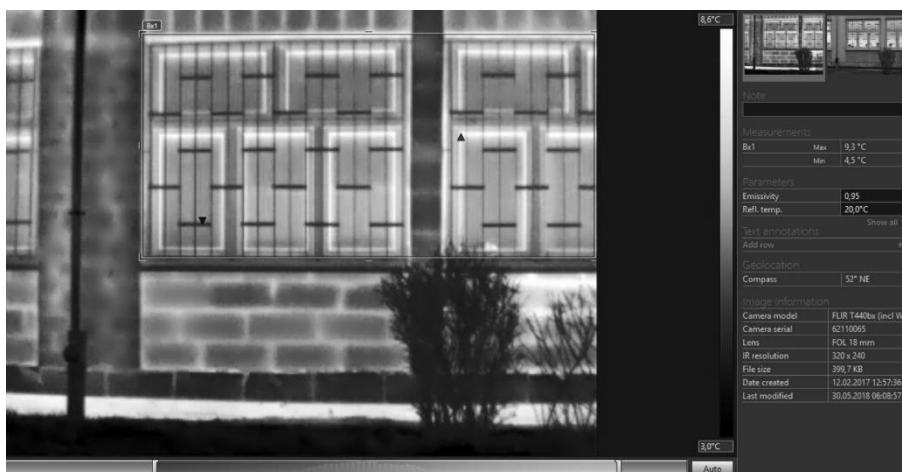
Polski, można zauważyć, że jednym z najbardziej nasłonecznionych regionów w Polsce jest Lubelszczyzna, znajdująca się w trzeciej strefie klimatycznej. Nasłonecznienie okolic Lublina wynosi do ok. 1600 godz. rocznie z natężeniem napromienienia powierzchni poziomej powyżej 300 W/m^2 , które uważa się za uzasadnione do ekonomicznego wykorzystania. W ilości całkowitej przyjmuje się w regionie 1200 kWh/m^2 . Ta informacja jest ważna w procesie projektowania domów energooszczędnych, w których mogą być montowane panele słoneczne, ale także bardzo ważna w przygotowywaniu samego projektu budynku energooszczędnego w kierunku pasywnego, szczególnie systemu izolacji oraz doboru odpowiednich otworów.



Rys. 2. Fotografia wykonana w trybie fuzji termowizji i obrazu cyfrowego – skala temperatury odpowiada jasności obrazu, tryb ten jest pomocny przy szacowaniu wpływu nieodpowiedniej emisyjności powierzchni na wyniki analizy obrazu termowizyjnego

Analizowane obrazy przedstawione na rysunkach 1-3 pokazują możliwość prawidłowego wnioskowania z pomiarów przeprowadzonych w nieodpowiednich warunkach z punktu widzenia dokładności wyników. Jednakże często wystarcza samo zasygnalizowanie miejsca wypływu ciepła z pomiarem szacunkowym. Natomiast, obrazy także pokazują, że widoczne zewnętrzne uszkodzenia powierzchni elewacji nie muszą świadczyć o istnieniu mostków cieplnych. Takim przykładem jest pas oznaczony strzałką na rys. 1. Natomiast, poniżej znajduje się właśnie poważny wpływ ciepła niewątpliwie spowodowany niedostateczną izolacją od gruntu, wzdłuż całej długości analizowanego fragmentu, co szczególnie widać na rys. 3. Akurat ten fragment charakteryzuje prawidłowy współczynnik emisyjności 0,9 a zatem pomiar można uznać za wiarygodny co do wartości temperatury także. Dzięki skali można odczytać różnicę temperatury aż do 5°C co przy temperaturze zewnętrznej $3,5^\circ\text{C}$ oznacza znaczny upływ ciepła. Również

panionowe elementy konstrukcji, a szczególnie spoiny powodują duże straty ciepła z obiektu.



Rys. 3. Pełny obraz pomiarowy termowizyjny wraz z przyporządkowaniem skali jasności i temperatury wykonany kamerą Flir 450b

Przedstawiony przykład mógłby stanowić materiał motywacyjny dla administratorów obiektu do przeprowadzenia remontu w przypadku gdyby takiej wiedzy nie było. Motywowanie obrazem właściwie zinterpretowanym okazuje się być społecznie najskuteczniejszą metodą, jak już autorzy wykazali we wcześniejszych publikacjach wydanych także w Wydziale Podstaw Techniki.

3. Innowacyjność w motywacji poparta naukową analizą

W odniesieniu do motywowania poprzez przedstawione obrazy ewentualnych uszkodzeń budynków czy strat energii należałoby wytworzyć przeświadczenie właściciela, że idea poprawy warunków pochodzi od niego samego. [4] W takiej sytuacji poparcie obrazu wyjaśnieniem oraz miarodajnym odniesieniem do wzorca powinno zawierać również dokumentację zawierającą raport z danymi, do której mógłby się odnieść rozważając problem. Motywując do zachowań proekologicznych nie można zapominać, że dotyczą bezpośrednio życia rodzin, warunków pracy, stylu życia, a również zdrowia. Proces zwiększania energooszczędności wymaga od użytkowników pewnej determinacji nie tylko w samym oszczędzaniu ale też w pewnej zmianie przyzwyczajzeń, czy podejmowaniu nowych decyzji i działań, niejednokrotnie związanych z wysiłkiem i systematycznością, ze zwiększoną odpowiedzialnością za posiadane dobra. Potrzebujemy zatem znaleźć odpowiednio silne motywacje aby taki trud podejmować. Technika, a w tym przypadku zaawansowana technika pomiarowa, jaką są pomiary termowizyjne może takiej motywacji dostarczyć. [1, 11]

Obecne społeczeństwo funkcjonuje jako społeczeństwo sieciowe zarówno w przestrzeni światowej jak i krajowej. Jest to zjawisko pozytywnie ukierunkowane ale powstałe sieci są niejako płaskie łącząc ze sobą ludzi w jednej specjalności, światopoglądzie, duchowości itp. Brakuje jednak połączeń między tymi sieciami, które sprawiałoby, że stają się one wielowymiarowe – przestrzenne. Przykładowo: pomiędzy inżynierami a humanistami, specjalistami w dziedzinie środowiska a psychologami, czyli przydałoby się wprowadzenie bardzo istotnej interdyscyplinarności przede wszystkim w myśleniu a w konsekwencji w działaniach. Pierwszą przestrzenią, w której jesteśmy w stanie wytworzyć warunki umożliwiające integrację interdyscyplinarną jest sektor edukacyjny na wszystkich poziomach poczynając od podstawowego aż do akademickiego. [3,12]

Tworzenie zespołu przedstawicieli różnych dziedzin to wymaganie rozwoju zrównoważonego przy dążeniu w kierunku obiektów pasywnych. Można posłużyć się także elementami, które dały początek tej nazwie a mianowicie biernymi systemami słonecznymi, zwane ścianami słonecznymi chociaż przezroczyste ani świecące wcale nie są. Ale można je zastosować w budynkach hodowlanych a wszystko w tym celu aby postulowana integracja ekologii – techniki – społeczeństwa – ekonomii przyniosła spodziewane efekty związane z poszanowaniem środowiska dla wychowania społeczeństwa w ekologii integralnej co wyraźnie wymaga znacznie bardziej zdecydowanego zintegrowanego podejścia. Wymaga bowiem powszechnej integracji działań inżynierów, psychologów, nauczycieli, środowisk medialnych, biznesu i organów kontroli w celu zmotywowania do zmiany myślenia a za tym idącej zmiany działania i transformacji od stopniowej degradacji środowiska do korzystania z niego w ramach rozwoju zrównoważonego. Nauki techniczne są w takim przypadku odpowiedzialne również za formę w jakiej przekazują tę wiedzę.

Tutaj przydatna staje się bezpośrednia płaszczyzna współpracy z pedagogami i psychologami, jaką tworzy ośrodek naukowy obchodzący jubileusz dziesięciolecia czyli Wydział Podstaw Techniki.

Literatura

- [1] *Aspekty wizualne w edukacji szkolnej i akademickiej*, [red.] Rarot. H., Śniadkowski M., Politechnika Lubelska, 2016
- [2] Horyński M., *Energy management in households as part of the sustainable development of the energy economy*, International Conference on Electromagnetic Devices and Processes in Environment Protection with Seminar Applications of Superconductors (ELMECO & AoS), 2017, [WOS], New York: IEEE, 2017
- [3] *Humanistyka a nauki ścisłe*. [red.] Rarot. H., Politechnika Lubelska, 2016

-
- [4] Kerpen D., *Dobre relacje – klucz do sukcesu. Jak współcześnie zjednywać sobie ludzi*, Gliwice, Helion, 2016
- [5] Lewandowska A., Szulżyk-Cieplak J., *Analiza skuteczności funkcjonowania systemu gospodarki odpadami komunalnymi na przykładzie województwa lubelskiego*, [w:] Współczesne problemy z zakresu inżynierii środowiska oraz architektury, [red.] Czyż Z., Maciąg K., Lublin, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o. o., 2018, s. 108–117
- [6] Paszeczko M., Latos A., *Analiza konstrukcji obiektu budowlanego z wykorzystaniem programu ROBOT*, [w:] Społeczno-pedagogiczna użyteczność technologii informacyjnych T. 8, [red.] Śniadkowski M., Lublin, Drukarnia LIBER Duo S.C., 2016, s. 62–89
- [7] Pańnikowska-Łukaszuk M., *Rozwój selektywnej zbiórki odpadów w makroregionie lubelskim w aspekcie konwersji energii*, [w:] Współczesne problemy z zakresu inżynierii środowiska oraz architektury, [red.] Czyż Z., Maciąg K., Lublin, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o. o., 2018, s. 126–136
- [8] Styczeń J., Urzędowski A., *Zastosowanie pomiarów termowizyjnych do oceny jakościowej strat ciepła w budynkach jednorodzinnych*, [w:] Wybrane zagadnienia w zakresie budownictwa, architektury i gospodarki przestrzennej, [red.] Czyż Z., Maciąg M., Lublin, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o.o., 2017, s. 109–120
- [9] Urzędowski A., Wójcicka-Migasiuk D., Korga S., *Using of a computer simulation tools for analyzing the influence of multi-layer vertical walls in buildings, on heating exchange phenomena occurring in them. III Międzynarodowa Konferencja Innovative Buildings „InBuild”*, Kraków, 20–22 listopada 2017
- [10] Urzędowski A., Wójcicka-Migasiuk D., *Visual analysis of heat transport in unique object*, ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL, 2015, Vol. 8, No. 28, p.153–159
- [11] *Visual thinking – Visual culture – Visual pedagogy*, [red.] Rarot H., Śniadkowski M., Politechnika Lubelska, 2015
- [12] *Współdziałanie nauk humanistycznych i ścisłych*, [red.] Rarot H. Politechnika Lubelska, 2017

Magdalena Paśnikowska-Łukaszuk¹, Anna Raczyńska², Łukasz Zgryza³

Zastosowanie druku 3D w przygotowaniu środków dydaktycznych w nauczaniu zajęć technicznych i przedmiotów inżynierskich

Słowa kluczowe: druk 3D, środki dydaktyczne, nauczanie zajęć technicznych

Streszczenie

W rozdziale przedstawiono możliwości wykorzystania druku 3D do przygotowania materiałów, które mogą mieć zastosowanie w dydaktyce przedmiotów techniczno-inżynierskich. Przedstawiono także przykładowe programy mające zastosowanie w druku 3D, a także omówiono sposoby przygotowania materiału do wydruku 3D. W niniejszym rozdziale opisano również potrzeby stosowania materiałów dydaktycznych w realizacji programu nauczania przedmiotów o tematyce technicznej i inżynierskiej na różnych etapach edukacji. Następnie przedstawiono wnioski końcowe dotyczące zastosowania materiałów dydaktycznych w czasie zajęć technicznych i inżynierskich.

1. Wstęp

Obecnie w edukacji stosuje się wiele narzędzi wspomagających jej proces. Metodyka nauczania przedmiotów technicznych jest ciągle udoskonalana wraz z rozwojem nowoczesnych technologii. W czasie prowadzenia zajęć lekcyjnych oraz zajęć ze studentami wykorzystuje się różne pomoce dydaktyczne [8]. W wielu placówkach zaczyna się wykorzystywać środki dydaktyczne wykonane z wykorzystaniem metod druku przestrzennego za pomocą drukarek 3D [1]. Druk przestrzenny jest przyrostową metodą wytwarzania. Jedną z popularniejszych metod drukowania 3D jest FDM (ang. *fused deposition modeling*) [3,4], która polega na warstwowym nakładaniu materiału w postaci cienkiej żyłki. Materiał ten, czyli filament, wytłaczany jest przez rozgrzaną dyszę (poruszającą się często w osiach X i Y) na stół drukarki (często odpowiadający za ruch w osi Z), a następnie na

¹ mgr inż. Magdalena Paśnikowska-Łukaszuk, Politechnika Lubelska, Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, m.pasnikowska-lukaszuk@pollub.pl

² inż. Anna Raczyńska, Politechnika Lubelska, Wydział Podstaw Techniki

³ inż. Łukasz Zgryza, Politechnika Lubelska, Wydział Podstaw Techniki

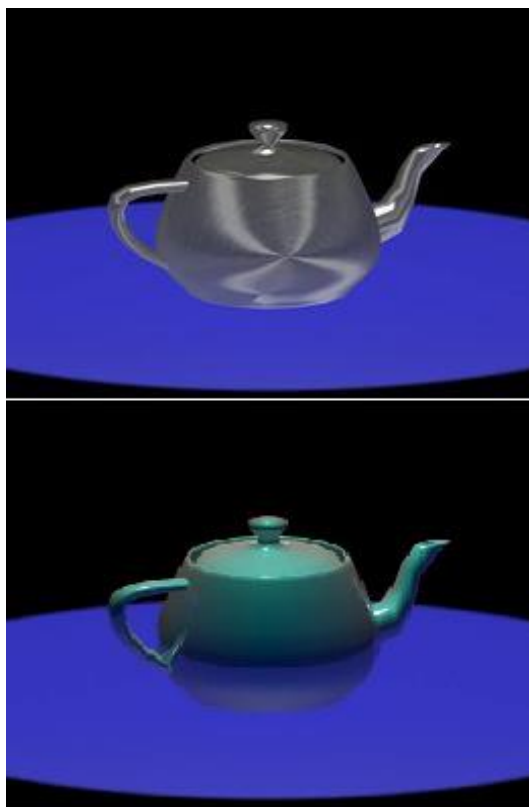
wydrukowane warstwy. Zaletą druku 3D w metodzie FDM jest możliwość wytwarzania spersonalizowanych elementów, których kupno w zewnętrznej firmie byłoby nieopłacalne lub niemożliwe.

Jednym ze sposobów wykorzystania drukarek 3D jest wykonywanie elementów dydaktycznych, które mogą być wykorzystane w pracy z uczniami na każdym poziomie kształcenia [2]. Charakter zajęć technicznych i przedmiotów inżynierskich pozwala na korzystaniu z szerokiego zakresu środków dydaktycznych, które mogą być w postaci wydruków 3D [7]. Łatwość wydruku niektórych przedmiotów oraz ich stosunkowo niska cena (gęstością wypełnienia wydruków można manipulować) sprawiają, że ta metoda wytwarzania staje się przystępniejsza, a w szkołach oraz uczelniach wyższych wykorzystuje się coraz częściej drukowane przestrzennie materiały dydaktyczne. Potrzebę używania druku 3D w szkolnictwie można zauważyć poprzez ilość proponowanych teraz szkoleń dla nauczycieli oraz uczniów z obsługi drukarek 3D [2]. Na rynku odbywa się mnóstwo pokazów i warsztatów w ramach różnych wydarzeń IT, w których grupą docelową są właśnie uczniowie szkół oraz studenci. Rozwój technologii sprzyja wykorzystywaniu nowoczesnych środków dydaktycznych.

2. Przykładowe programy mające zastosowanie w druku trójwymiarowym

W dzisiejszych czasach jest wiele programów graficznych, w których można przygotować model 3D. Zdarza się, że już na etapie szkoły podstawowej uczniowie są zaznajomieni z obsługą programów graficznych takich jak AutoCAD. W starszych etapach nauczania, niektóre szkoły realizują przygotowanie z obsługi programu Blender czy też 3ds Max. W przypadku tworzenia własnych przedmiotów do zastosowań dydaktycznych, niezbędne będą programy, dzięki którym będzie można utworzyć właśnie model 3D. Przykładami są: Autodesk Inventor, SolidWorks, 3ds Max, Autodesk AutoCAD czy FreeCAD (jedeny wśród wymienionych program darmowy). Większość z nich (wyjątkiem jest program 3ds Max) jest przystosowana do pracowania w środowisku grafiki inżynierskiej, co znacząco ułatwia modelowanie elementów technicznych. Dodatkowo niektóre z tych programów mają możliwość animowania zaprojektowanego elementu, co też ułatwia zobrazowanie efektu końcowego drukowanego przedmiotu. Wymienione programy dają również możliwość wyeksportowania pliku z rozszerzeniem, które jest obsługiwane przez *slicery*, czyli programy, w których na podstawie modelu tworzy się ostateczny kod (*g-code*) wgrywany do drukarek 3D. Powyższe programy (z wyjątkiem AutoCAD-a, którego używa się głównie do tworzenia dwuwymiarowych rysunków oraz 3ds Max-a, który służy do modelowania obiektów nietechnicznych) obsługują możliwość tworzenia złożeń, co jest pomocne przy sprawdzaniu ich poprawności wymiarowej, kształtowej, zakresów ruchu oraz ewentualnej kolizji. Rys. 2. przedstawia złożenie przekładni wielostopniowej

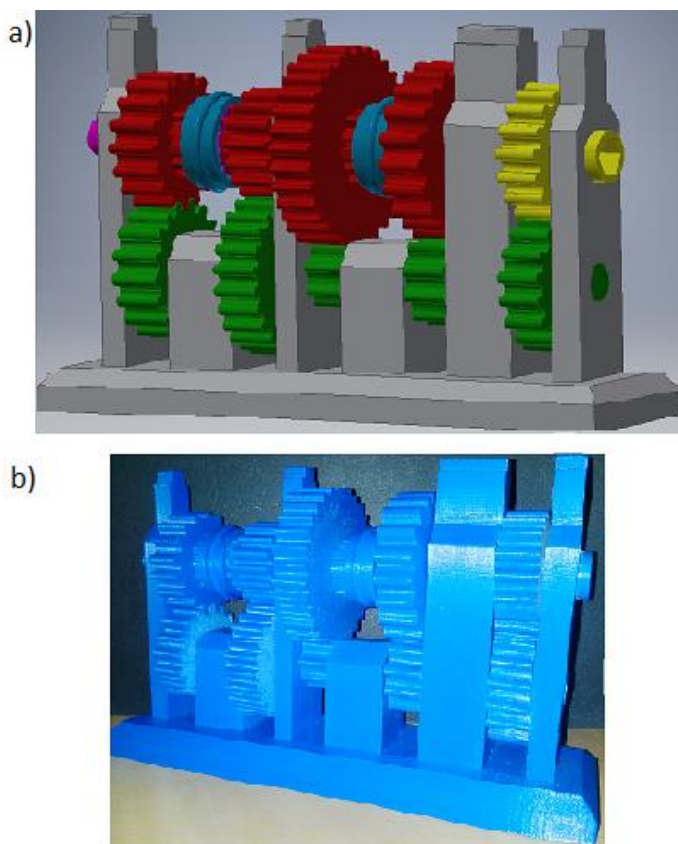
utworzonej w programie Inventor, które obrazuje poprawność wymiarów mechanizmu oraz dzięki nadanym wiązaniom pozwala sprawdzić, czy model działa tak, jak założono. W 3ds Maxie dodatkowym atutem jest możliwość renderowania i animowania przedmiotów (przykładowy przedstawiono na rys. 1).



Rys. 1. Model czajnika wykonany w programie 3ds Max

Źródło: opracowanie własne

Niektóre programy wspomagają inżynierię wsteczną, co jest pomocne podczas tworzenia ulepszeń już istniejących przedmiotów. Poprzez przeskanowanie rzeczy odpowiednim urządzeniem, można wprowadzić jej model do programu, a następnie utworzyć dodatkową część. Jest to także przydatne przy naprawianiu uszkodzonego środka dydaktycznego [10]. Mimo wszystko, takie rozwiązanie wymaga dodatkowego sprzętu oraz jest pracochłonne. Może się sprawdzić przy przedmiotach o skomplikowanym wyglądzie.



Rys. 2. Model przekładni wielostopniowej a) w programie Inventor, b) po wydrukowaniu

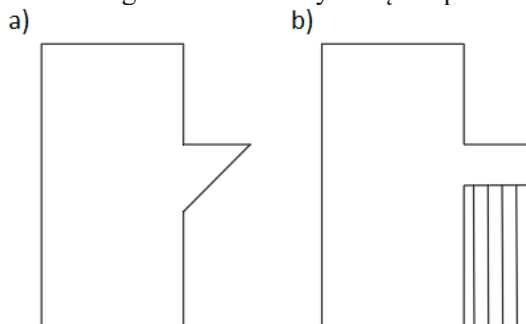
Źródło: opracowanie własne

3. Przygotowanie modelu do druku 3D

Wiele pomysłów na konstruktywne wykorzystanie druku 3D zostało już wcielone w życie [6]. Często więc może się okazać, że przedmiot jakiego potrzebujemy został już kiedyś przez kogoś wymodelowany i wydrukowany. Z tego powodu, przed przystąpieniem do tworzenia własnego modelu warto przeszukać internetowe bazy danych modeli. Największa tego typu baza znajduje się pod adresem www.thingiverse.com, wszystkie zawarte w niej modele są dobrowolnie udostępnione na wolnych licencjach. Jeżeli nie znaleziono zadowalającego modelu, można go stworzyć samemu za pomocą odpowiednich programów.

Na etapie modelowania części powinno się uwzględnić kilka cech, które znacznie ułatwiają późniejszy wydruk 3D. Jedną z nich jest brak lub możliwie mała liczba odstających elementów w osi Z. Jeśli w modelu jest element, który

znacznie odstaje od jego reszty i znajduje się na pewnej wysokości od podstawy, do jego poprawnego wydruku potrzebne będą podpory, czyli dodatkowy (usuwalny) drukowany materiał, który będzie zapobiegał zapadaniu się tego fragmentu (rys. 3). W zależności od długości wystającego elementu, kąta jego pochylecia do płaszczyzny XY oraz wykorzystanego materiału różne drukarki mogą bardziej lub mniej zadowolająco drukować taki model bez użycia podpór, dlatego podczas modelowania takiego obiektu należy wziąć to pod uwagę.



Rys. 3. Przykład przedmiotu z wystającymi elementami: a) bez wymaganych podpór, b) z wymaganymi podporami

Źródło: opracowanie własne

Kolejną cechą, na którą warto zwrócić uwagę jest możliwie płaska podstawa modelu. W przypadku zaokrąglonej podstawy (np. podczas drukowania kuli) będzie konieczne drukowanie podpór, co sprawi, że powierzchnia modelu w danym miejscu będzie mniej dokładna w porównaniu do powierzchni, gdzie podpór nie używano (i została ona wydrukowana poprawnie). Powinno się również pamiętać o ograniczeniu grubości materiału, które narzuca średnica dyszy. Podczas modelowania przedmiotów z ostrymi kątami (nachylenie mniej niż 20° względem płaszczyzny XY) należy liczyć się z uproszczeniem tego fragmentu. Drukarka pominie krawędź, jeśli nie będzie w stanie jej wydrukować z powodu narzuconej grubości warstwy. Im grubsza jest pojedyncza warstwa drukowania tym bardziej widoczne staje się „schodkowanie” [9].

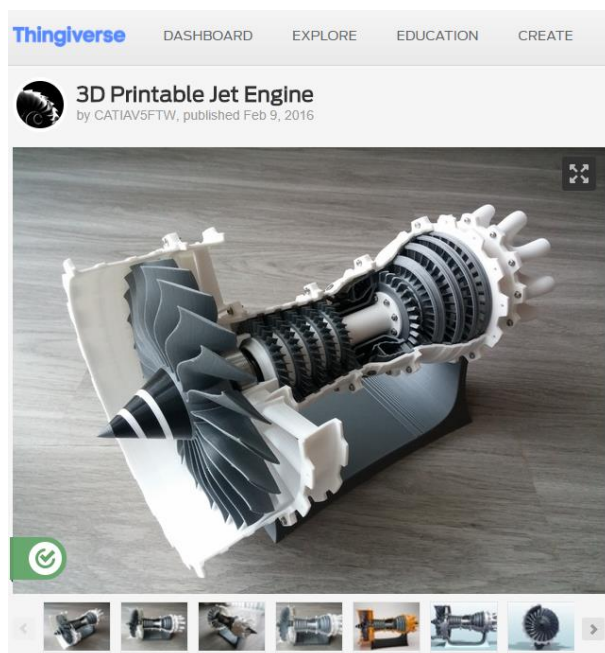
Po utworzeniu modelu, należy wyeksportować go do pliku z rozszerzeniem obsługiwanych przez *slicery*. Przykłady takich rozszerzeń to: STL, OBJ, VRML, AMF, 3MF. W *slicerze*, który dzieli model na pojedyncze warstwy dokonuje się wyboru parametrów drukowania. Ustawia się m.in. temperatury stołu drukarki oraz dyszy (zależne od rodzaju filamentu), nawiew, grubość ścianek elementu, gęstość oraz wzór wypełniania elementu, grubość warstwy drukowanej (zależna od średnicy zamontowanej dyszy), obecność podpór, prędkość druku czy też podstawę drukowanego elementu. Po ustaleniu konkretnych parametrów, *slicer* generuje kod z ciągiem instrukcji, jakie drukarka ma wykonać podczas wydruku danego detalu. Należy go wgrać do urządzenia.

Przy wytwarzaniu środków dydaktycznych, można tworzyć je całkowicie nowe lub drukować elementy, które będą współpracować z już istniejącymi przedmiotami. Jeżeli wydruk będzie współpracował z innymi elementami należy pamiętać, że podczas stygnięcia detalu występuje skurcz materiału mogący uniemożliwić dopasowanie elementów do siebie, co należy wziąć pod uwagę odpowiednio skalując model. Można to zrobić podczas modelowania, jednak bardziej uniwersalne jest utworzenie bryły w jej nominalnych wymiarach i zmiana jej wielkości w *slicerze*. Jest to metoda wielofunkcyjna, ponieważ różne rodzaje filamentu mają różne skurcze, przez co z jednego domyślnego modelu można zrobić kilka *g-code* przewidzianych dla odmiennych filamentów.

4. Potrzeby stosowania druku 3D w nauczaniu przedmiotów technicznych

Podczas nauki lepiej zapamiętuje się rzeczy, których nie zgłębia się jedynie teoretycznie. W przypadku przedmiotów technicznych ważna jest wyobraźnia konstrukcyjna, polegająca na pojmowaniu sposobów połączeń stałych lub ruchomych. Może być ona twórcza lub odtwórcza, jednak uczeń (szczególnie w szkole podstawowej) powinien być nastawiony na działanie odpowiednich bodźców, by móc ją rozwijać. Nauczyciel dając możliwość dokładnego sprawdzenia jak działa mechanizm poprzez udostępnienie uczniom jego modelu, wspomaga ich w rozwijaniu także umiejętności technicznych. Uczeń mogąc zgłębić tajniki urządzenia lub jego fragmentu zapamiętuje jego działanie, a starając się odtworzyć lub utworzyć podobnie działające części, rozwija się manualnie. Dodatkowo, przygotowując mechanizm w formie puzzli do złożenia przez uczniów (przykładowo taki przedmiot znajduje się na rys. 4), ci są w ten sposób zachęceni do nauki poprzez zabawę, łatwiej zapamiętują informacje na temat składowych elementów, a wiedza ta utrzymuje się dłużej.

Mimo faktu, że człowiek najlepiej rozwija się będąc młodszym, studenci uczelni technicznych także czerpią korzyści ze stosowania na zajęciach środków dydaktycznych. Z racji tego, że na wyższym stopniu edukacji omawiane urządzenia i mechanizmy są o wiele bardziej skomplikowane niż w przypadku tych, o których uczą się uczniowie szkoły podstawowej i średniej, studenci łatwiej przyswajają wiedzę o danych rzeczach mogąc namacalnie sprawdzić ich działanie. W przypadku tak skomplikowanych elementów, obcowanie z nimi ułatwia pojęcie na czym one polegają, co pomaga w późniejszym konstruowaniu podobnych rzeczy.



Rys. 4. Model silnika odrzutowego wydrukowanego na drukarce 3D jako propozycja środka dydaktycznego w formie puzzli

Źródło: thingiverse.com/thing:1327093, 15.03.2018

W trakcie zajęć z grafiki inżynierskiej, czy też inżynierii wytwarzania studenci mogą wykonywać rysunki techniczne na podstawie modeli wydrukowanych przy pomocy druku 3D. Mając już gotowy model, w każdej chwili można przystąpić do jego modyfikacji i wydrukować ponownie. W ten sposób można przygotować wiele środków, które ułatwią proces przeprowadzania zajęć. Druk 3D przydaje się również do przygotowywania miniaturowych modeli przedmiotów, które mogą być zaprezentowane w trakcie zajęć. W ten sposób można wydrukować model np. samochodu, czy także jakieś instalacji, której pokazanie na żywo może sprawić problem. W czasie zajęć z modelami 3D uczeń czy też student może zauważyć błędy konstrukcyjne, co pozwala w następstwie na eliminację takich błędów w przyszłości w rzeczywistym wymiarze takiego przedmiotu. W przypadku używania w trakcie zajęć technicznych oraz inżynierskich środków dydaktycznych w postaci wydrukowanych modeli mamy do czynienia także z rozwojem pamięci sensorycznej. W trakcie takich zajęć studenci oraz uczniowie ćwiczą także synchronizację półkul mózgowych. Prawa półkula odpowiada za kreatywne myślenie, zaś lewa za logiczne. Używanie modeli 3D w trakcie zajęć sprzyja rozwojowi obydwu półkul, a w następstwie ćwiczeniu pamięci [2]. Dodatkowo aspekty druku 3D mogą pobudzić u uczniów oraz studentów czynności związane z kreatywnością taką jak tworzenie przedmiotów użytkowych (np. stojaki na

telefon) z druku 3D. Druk 3D sprzyja rozwojowi wielu zmysłów, dlatego ważne jest, aby pedagodzy wprowadzali go w proces edukacji zgodnie z rozwojem najnowszych technologii.

5. Podsumowanie i wnioski

Myślenie techniczne oznacza pewność zrozumienia praw techniki i działających ze sobą elementów. Prawidłowe rozumienie zasady działania mechanizmu czy też wyobrażenie danego przedmiotu w konkretnych jego rzutach gwarantuje powodzenie w działaniu technicznym. Środki dydaktyczne ułatwiają odpowiednie pojęcie różnych konstrukcji i układów przestrzennych, dlatego też powinny być wykorzystywane jak najczęściej w pracy z uczniami [1]. Dodatkowo druk 3D upraszcza proces tworzenia takich elementów oraz otwiera nowe możliwości przy ich projektowaniu. Szkoły i uczelnie posiadając drukarkę przestrzenną pozwalają swoim pracownikom dydaktycznym na większą swobodę tworzenia przedmiotów edukacyjnych [1]. Uczniowie i studenci zyskują dzięki naocznym sprawdzaniu jak zachowuje się konkretny mechanizm. Druk 3D umożliwia także stosunkowo szybkie (niż w przypadku np. wykonania elementu z drewna) wytworzenie przedmiotów o konkretnych kształtach, które mogą zostać wykorzystane choćby do nauki rzutowania.

W związku z powyższym można wywnioskować, że:

- druk 3D ułatwia proces tworzenia środków dydaktycznych,
- środki dydaktyczne rozwijają myślenie techniczne uczniów i studentów,
- drukowanie przestrzenne jest mniej pracochłonne w porównaniu do metod konwencjonalnych (wykonywanie przedmiotów z drewna czy metalu na różnych obrabiarkach),
- druk 3D pozwala naprawić lub zmienić już istniejące przedmioty mając umiejętność modelowania 3D,
- bazy internetowe modeli pozwalają na drukowanie środków dydaktycznych przy braku umiejętności modelowania 3D.

Podsumowując w dzisiejszych czasach druk 3D jest bardzo przydatnym narzędziem w wielu dziedzinach nauki, ale także w życiu codziennym.

Literatura

- [1] Dziedzic K., *Modelowanie 3D jako element nauczania grafiki komputerowej na kierunku edukacja techniczno-informatyczna* [w:] Społeczno-pedagogiczna użyteczność technologii informacyjnych, T. 6, Lublin, Liber Duo, 2014, s. 112–146
- [2] Dziedzic K., Włodarczyk M., Paśnikowska-Łukaszuk M., *The usage of computer visualisation in teaching technical subjects*, ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL, No. 24, 2014, p. 72–75

- [3] Korga S., Piłat S., *Modernizacja drukarki 3D poprzez rozwiązanie konstrukcyjne umożliwiające wydruk akrylonitrylo-butadieno-styrenu* [w:] Młody inżynier XXI wieku, [red:] Buraczyńska B., Kuczmazewska A. Lublin. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2018, s. 24–34
- [4] Montusiewicz J., Barszcz M., Dziedzic K., Kęsik J., Miłosz M., Tokovarov M., *The concept of a 3D board game to recognise architectural monuments* [w:] INTED 2017, 11th International Technology, Education and Development Conference [WOS], [red:] Gomez Chova L., Lopez Martinez A., Candel Torres I. – [B.m]: IATED Academy, 2017, p. 8665-8674, (INTED 2017 Proceedings, ISSN 2340-1079)
- [5] Płecha A., Szulżyk-Cieplak J., *Aktywizujące metody nauczania i ich wpływ na efektywność procesu kształcenia* [w:] Aplikacyjne metody obliczeniowe oraz zarządzanie danymi, Lublin, Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o. o., 2017, s. 299–309
- [6] Ruszniak P., Józwick J., Dziedzic K., Ostrowski D., *Shearing strength test of orthopaedic titanium alloy screw produced in the process of 3D printing technology*, ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL, 2017, Vol. 11, No 1, p. 128-137
- [7] Szulżyk-Cieplak J., Duda A., Sidor B., *3D printers – new possibilities in education*, ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL, 2014, No. 24, p. 96–101
- [8] Wolszczak P., *Druk 3D w edukacji technicznej*, FORUM NARZĘDZIOWE OBERON, 2014, Vol. 65, No. 2, s. 16–17
- [9] Zgryza Ł., Raczyńska A., Pańnikowska-Łukaszuk M., *Thermovisual measurements of 3D printing of ABS and PLA filaments*, ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL, 2018, Vol.12, No. 3
- [10] Zgryza Ł., Raczyńska A., Pańnikowska-Łukaszuk M., *Wykorzystanie narzędzi modelowania 3D oraz druku 3D w wizualizacji logotypu Wydziału Podstaw Techniki* [w:] Młody inżynier XXI wieku, [red:] Buraczyńska B., Kuczmazewska A., Lublin, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, 2018, s. 16–23
- [11] Zozulia P., Pyshcheniuk N., Skyba M., Polishchuk O., Malec M., *General classification of 3D printing* [w:] Actual problems of modern science, [red:] Musiał J., Polishchuk O., Sorokatyi R. – Khmelnytskyi, Ukraina: Khmelnytsky National University, 2017, s. 413–421

Mychajło Paszczko¹, Klaudiusz Lenik², Taras Bereżanśkyj³

Segregacja atomów w warstwach wierzchnich przy zużyciu ściernym stopów eutektycznych układu Fe-Mn-C-B stopowanych Crrealnego

Słowa kluczowe: segregacja, powłoki eutektyczne, spektroskopia Auger'a

Streszczenie

W rozdziale omówiono właściwości tribologiczne powłok eutektycznych na bazie układu Fe-Mn-C-B stopowanych Cr. Powłoki otrzymano metodą napawania plazmowego w osłonie gazowej Ar z użyciem proszków. Badanie przeprowadzono dla próbek z powłoką eutektyczną w układzie trzpień-tarcza podczas ruchu ślizgowego przy smarowaniu granicznym AMG10 i prędkości 0,4 m/s, czas badań – 6 godzin. Obciążenie wynosiło 4, 8 i 15 MPa. Jako przeciwpróbkę wykorzystano stal C45 po hartowaniu i niskim odpuszczaniu, 52-54 HRC. Odporność na zużycie została wyznaczona metodą wagową. Obserwowano typowe właściwości tribologiczne. Badania segregacji atomów i struktur wtórnych tworzących się w procesie zużycia warstw eutektycznych przeprowadzono za pomocą spektroskopii Auger'a na urządzeniu JAMP-10S (JEOL). Badania stężenia atomów określonych pierwiastków przeprowadzono na analizatorze Superprobe 733. Stopy eutektyczne mogą być używane do otrzymania powłok odpornych na zużycie.

1. Wstęp

Procesy tarcia i zużycia materiałów zachodzą w skomplikowanych warunkach fizyko-chemiczno-mechanicznych na powierzchni tarcia. Odpowiednio do głównego czynnika dominującego tarcia zrobiono umowny podział teorii tarcia na:

- mechaniczne;
- molekularne;
- molekularno-mechaniczne;
- energetyczne.

Istnienie wskazanych teorii tarcia i dużej ilości fizycznych, chemicznych i teoretycznych opisów procesów tarcia [6] spowodowana jest jego skomplikowaną

¹prof. dr hab. inż. Mychajło Paszczko, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska

²prof. dr hab. inż. Klaudiusz Lenik, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska

³Taras Bereżanśkyj, Wydział Bezpieczeństwa Pożarowego, Lwowski Państwowy Uniwersytet Bezpieczeństwa Życia

naturą i różnorodnością fizyko-chemiczno-mechanicznych zjawisk, które mu towarzyszą. Nieznaczna zmiana warunków tarcia może spowodować zmianę procesów dominujących. Wskutek tego wskazane jest określenie natury procesu tarcia, zużycia i smarowania w celu uzyskania uogólnionych modeli przebiegu procesu zużycia, a także modeli powierzchni tarcia.

Jedną z metod za pomocą, której można określić i badać fizyko-chemiczny stan powierzchni tarcia jest wykorzystanie spektroskopii Auger'a.

Na występujące zjawisko grafityzacji w procesie tarcia zwrócił uwagę prof. I. Kragielski [5]. Jednak w wyniku braku możliwości analizy bardzo cienkich warstw węgla istniejące w tym czasie tradycyjne metody analizy rentgenowskiej uniemożliwiały przebadanie tego zjawiska.

Szczegóły zmiany stężenia atomów węgla w procesie obróbki frykcyjnej, która jest praktycznie jedną z odmian tarcia, zaprezentował prof. Ju. Babej [1].

Na procesy segregacji powierzchniowej atomów C, Si i Al przy tarcu stopów Fe-C, Fe-Si, Fe-Al, Cu-Al, Cu-Sn wskazywał prof. D. Bakli [2]. Jednak podkreśla on, że trudno mówić o jednoznacznym wpływie segregacji węgla na właściwości antyfrykcyjne stali. Z jednej strony obecność węgla na powierzchni tarcia obniża oddziaływanie adhezyjne współpracujących ciał stałych, a z drugiej – często zmniejsza efektywność smarowania.

Jednocześnie trzeba zwrócić uwagę na zmianę właściwości mechanicznych warstw wierzchnich wskutek powszechnie znanych efektów A. Joffe, P. Rebindera, R. Rosko i I. Kramera.

L. Kuksionowa i L. Rybakowa metodą rentgenografii przebadali przy małych kątach promienia do powierzchni tarcia szczegóły budowy warstwy wierzchniej przy przenoszeniu miedzi [12]. Wykazano, że w przypadku obecności na powierzchni powierzchniowo aktywnych (gliceryna) czy inaktywnych materiałów (wazelina) ma miejsce plastyfikacja, wskutek zmniejszenia wielkości potencjału powierzchniowego, który powinien pokonać dyslokacje przy wyjściu na powierzchnię ciała stałego, czyli powodować zwiększenie kruchości.

2. Metodyka badań

Badania segregacji atomów i struktur wtórnych tworzących się w procesie zużycia warstw eutektycznych przeprowadzono za pomocą spektroskopii Auger'a na urządzeniu JAMP-10S (JEOL). Próbki były wycinane z pierścieni o średnicy zewnętrznej 50 mm w kształcie części pierścienia, na których były wykonane karby z przeciwnej strony do powierzchni tarcia. Pierścień był łamany na części w próżni. Analizę przeprowadzono na powierzchni złomu od rdzenia do powierzchni tarcia.

Przeprowadzono ultradźwiękowe (w dyspergatorze) i jonowe (w urządzeniu próżniowym) czyszczenie powierzchni. Przyspieszające napięcie przy analizie wynosiło 10 kV, prąd który pochłaniała próbka – 1 μ A, napięcie – 5V, próżnia

szczątkowa – $5 \cdot 10^{-7}$ Pa. Analiza ilościowa rozkładu pierwiastków przeprowadzona była w porównaniu z czystymi metalami. Przed zapisem widm przeprowadzono bombardowanie jonowe badanej powierzchni wiązką jonów argonu (natężenie przyspieszające – 3 kV, prąd jonów $\sim 10^{-5}$ A). Przy zapisie widm wybrano najbardziej charakterystyczne składem chemicznym obszary.

Badania stężenia atomów określonych pierwiastków przeprowadzono na analizatorze Superprobe 733.

Badania odporności na zużycia warstw eutektycznych na stali C45 przeprowadzono zgodnie ze schematem zespołu ślizgowego o obrotowym ruchu czołowym ($\varnothing 50$ mm) ze współczynnikiem wzajemnego pokrycia 0,2. Obciążenie wynosiło 4, 8 i 15 MPa, prędkość tarcia ślizgowego – 0.4 m/s, czas badań – 6 godzin przy smarowaniu granicznym AMG10. Jako przeciwpróbkę wykorzystano stal C45 po hartowaniu i niskim odpuszczaniu, 52-54 HRC. Odporność na zużycie została wyznaczona metodą wagową

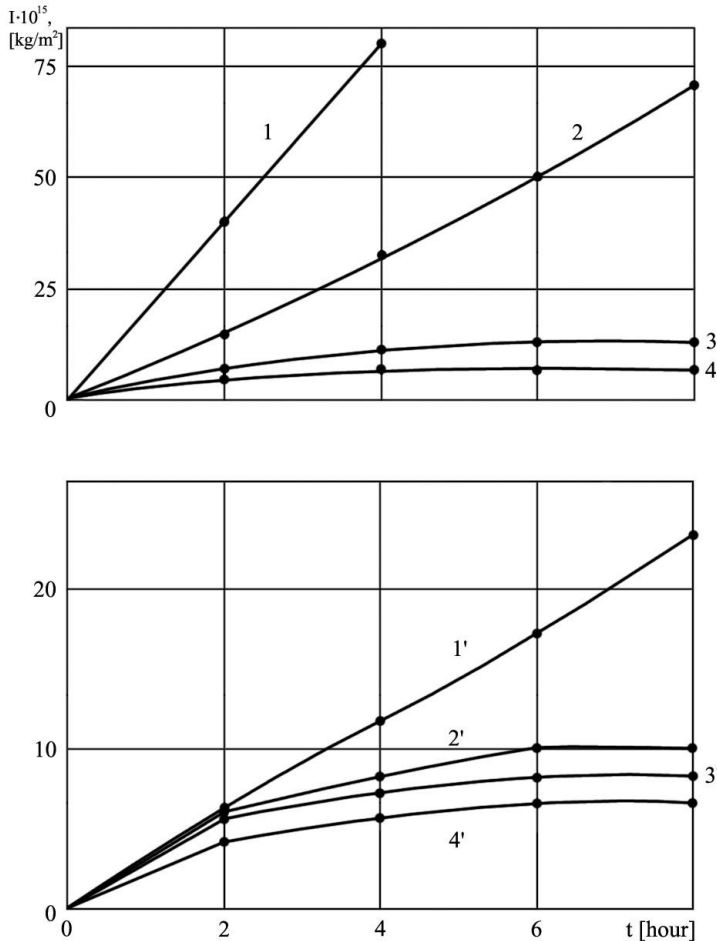
Eutektyczne odporne na zużycie warstwy z opracowanych stopów w postaci proszku otrzymywane były metodą napawania plazmowego i badane na zmodernizowanym stanowisku tarcia [6]. Opracowano technologię plazmowego natryskiwania warstw w środowisku ochronnym argonu, impulsowo-plazmowego natryskiwania, namrażania, elektroiskrowego stopowania i in. [3,4,9,11].

3. Wyniki badań

W wyniku przeprowadzonych badań odporności na zużycie opracowanych materiałów wykazano, że para trąca warstwa eutektyczna – stal C45 charakteryzuje się największą odpornością na zużycie (rys. 1). Trzeba podkreślić, że w porównaniu z warstwami otrzymanymi ze stopów w postaci proszku PG-SR3 i PG-10N-01 (proszek-odpowiednik 10009 “Borotac” firmy Castolin, Szwajcaria) stopy eutektyczne charakteryzują się od 2 do 10 razy wyższą odpornością na zużycie (rys. 1).

Struktura warstwy otrzymanej z materiału w postaci proszku układu Fe-Mn-C-B-Si stopowanego Cr składa się ze stopowanego perlitu (faza miękka), manganowego węgla żelaza $Fe_{0,4}Mn_{3,6}C$ (faza umacniająca) i wtrąceń borku żelaza Fe_2B i węgla Cr_7C_3 (fazy dyspersyjne) (rys. 2). Zmiana stosunku Fe, Mn i C w składzie stopu w postaci proszku znacząco wpływa na ilościowy stosunek fazy miękkiej i umacniającej i tym samym sprzyja formowaniu warstw ze strukturą pod-, nad- i eutektyczną. Zwiększenie w składzie stopu Fe czy Mn w porównaniu z ich eutektycznym bazowym składem powoduje wzbogacenie fazy ciekłej w te pierwiastki. Powoduje to formowanie w strukturze warstwy większej ilości stopowanego perlitu czy manganowego węgla żelaza $Fe_{0,4}Mn_{3,6}C$. Otrzymany stop (naturalny kompozyt) pozwala uzyskać warstwę w optymalny sposób odporną na zużycie, twardą i pochłaniającą energię poprzez bardziej plastyczną fazę mięką.

Warunki oddziaływania na stop eutektyczny środowiska (olej, ścierniwo, olej + ścierniwo) i zużycie powierzchni warunkują jego skład chemiczny, struktura, skład fazowy i właściwości.



Rys. 1. Kinetyka zużycia warstw eutektycznych (1–4), otrzymanych metodą napawania plazmowego z materiałów w postaci proszku PG-SR3(1), PG-10N-01 (2), PG-12N-01 (3), PMI-14 (4) i przeciwpróbki ze stali C45 (1'-4') przy smarowaniu granicznym

Zmniejszenie mikrotwardości osnowy eutektycznej przesunęła obszar maksymalnej odporności na zużycie w stronę wyższej (do 60-95%) zawartości twardych umacniających składników i wtrąceń. Otrzymane wyniki, a także analiza powierzchni tarcia upoważniają do następującego stwierdzenia: energia tarcia akumuluje się głównie w warstwie podpowierzchniowej tworząc obszar naprężeń, sprzyja znacznemu zwiększeniu ilości defektów sieci krystalicznej, szczególnie dyslokacji. Wskazane zjawiska zachodzą w bardziej plastycznym

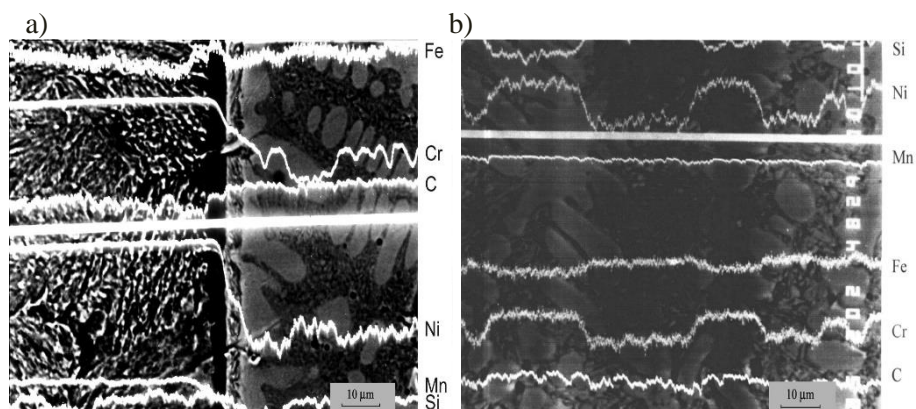
ferrytycznym składniku eutektyki i powodują mikrozużycie w procesie zmęczeniowym. Płytki $\text{Fe}_{0,4}\text{Mn}_{3,6}\text{C}$ i drobno dyspersyjne cząsteczki bardziej twardych faz Fe_2B i Cr_7C_3 są przeszkodą dla przemieszczenia dyslokacji i nie pozwalają im zwiększać się w jednostce objętości i transformować się w defekty objętościowe (pory, pęknięcia). Dzięki wysokiemu stopniowi dyspersyjności składników eutektycznych wymienione procesy lokalizują się pomiędzy płytkami w obszarach eutektyki o dyspersyjności 1–5 μm .

Trzeba podkreślić, że relaksacja energii w układzie podstawowym przy zużyciu ściernym ma mniejsze znaczenie w porównaniu z tarciem ślizgowym.

Na podstawie tego ustalono wpływ struktury warstw eutektycznych na ich odporność na zużycie i stwierdzono, że najwyższą odpornością na zużycie w warunkach tarcia ślizgowego charakteryzują się warstwy ze strukturą podeutektyczną, a w warunkach zużycia ściernego – z zawartością twardych składników fazowych (60–95 %). Wskutek tego warstwy o mniejszej twardości mogą charakteryzować się większą odpornością na zużycie. Przy zużyciu ściernym odporność na zużycie warstw zwiększa się proporcjonalnie do twardości.

Trzeba podkreślić, że plastyczny i miękki składnik fazowy eutektyki w badanym zakresie obciążeń pochłania większą ilość energii i ma większą zdolność do relaksacji naprężeń. Odpowiednio mniejsza ilość energii przy tarcie będzie zużywana na procesy zmęczeniowe w twardych składnikach stopowych.

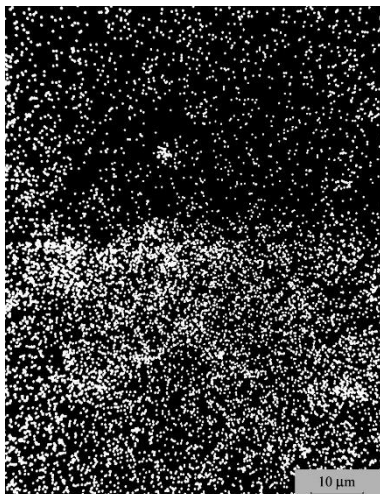
Rozkład atomów w warstwie eutektycznej przedstawiono na rys. 2, 3. Żadnych zmian w stężeniu atomów C na powierzchni tarcia w wyniku mikrorentgenowskiej analizy (Superprobe 733) nie wykryto.



Rys. 2. Rozkład węgla na grubości warstwy wierzchniej układu Fe-Mn-C-B-Si-Cr (PMI-43) otrzymanej na stali C45 metodą napawania plazmowego

Przeprowadzone za pomocą spektroskopii Auger'a badania segregacji atomów po zużyciu opracowanych warstw eutektycznych na podstawie układu Fe-Mn-C-

B-Si stopowanych Cr, wykazały duże zwiększenie C, B i Si na powierzchni tarcia (tablica 1, rys. 4, 5).



Rys. 3. Rozkład atomów węgla w warstwie eutektycznej układu Fe-Mn-C-B-Si-Cr na stali C45 (pow. 1000x)

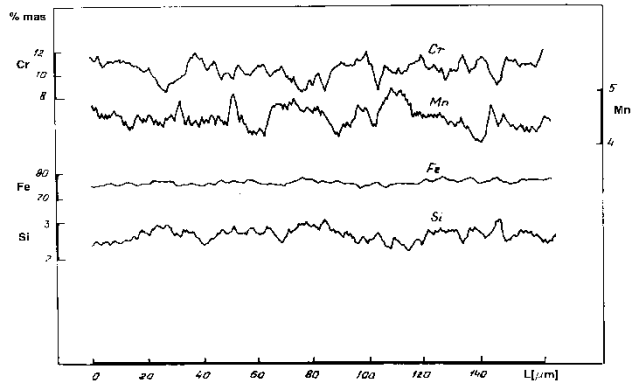
Tabela 1. Zawartość pierwiastków w stopie w postaci proszku i na powierzchni tarcia (% mas.)

Układ	Fe	Mn	C	B	Si	Cr	O	S	P
Fe-Mn-C-B-Si-Cr (PMI-43)	79,55	4,4	0,9	2,7	2,6	9,8	-	0,03	0,02
Fe-Mn-C-B-Si-Cr (PMI-43)	60,1	3,9	1,2	8,3	15,9	9,5	1,1	-	-

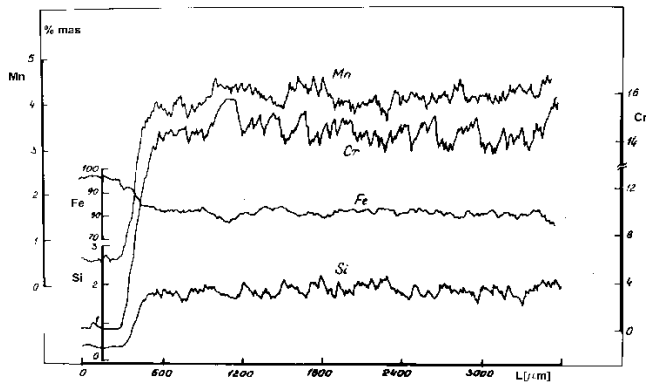
Kształt wierzchołków widma węgla pozwala stwierdzić, że znajdują się on w stanie swobodnym (amorficznym). Główną różnicą w procesie tarcia jest nieznaczająca dyfuzja tlenu z atmosfery w głąb warstwy. W warstwie zachodzi dyfuzja tlenu na głębokość do 5–20 μm . Jednak jego maksymalna ilość ok. 1,3% at. świadczy o nie występowaniu procesów tworzenia dużej ilości tlenków na powierzchni tarcia warstwy eutektycznej.

Formowanie tlenków jest możliwe na fizycznych powierzchniach oddziaływania. Jednoznacznie można stwierdzić, że niemożliwe jest formowanie ciągłej warstewki tlenków na powierzchni tarcia i utlenianie stopu [8,10].

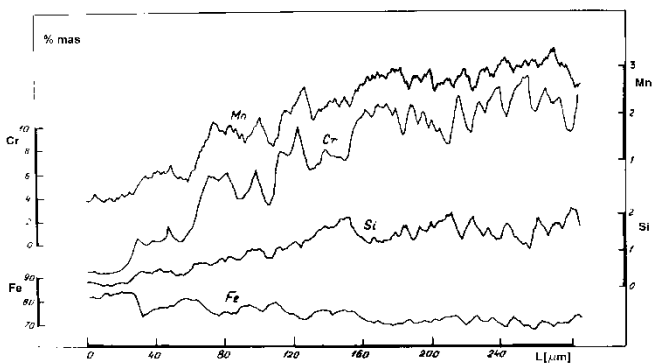
a)



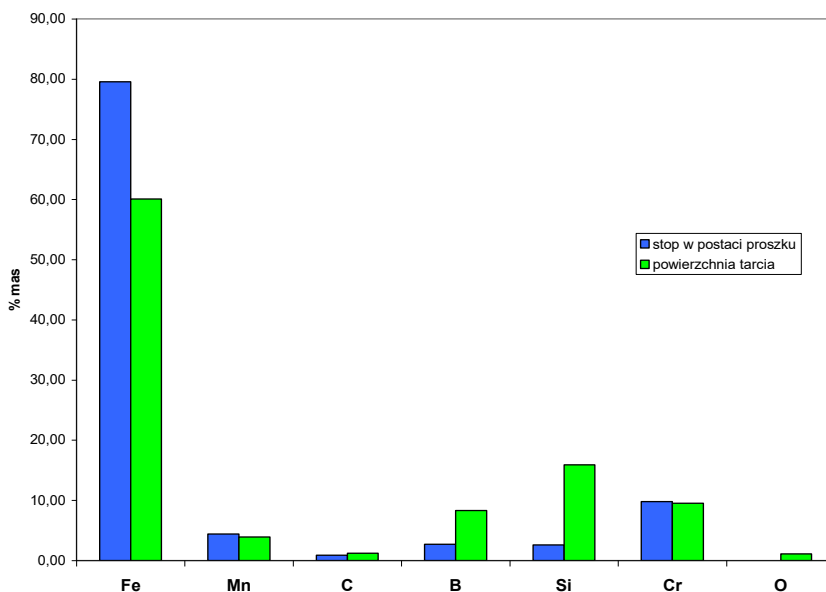
b)



c)



Rys. 4. Rozkład pierwiastków w stopie układu Fe-Mn-C-B-Si-Cr (PMI-43) (a) i w warstwie wierzchniej na stali C45 otrzymanej metodą napawania plazmowego (b, c)

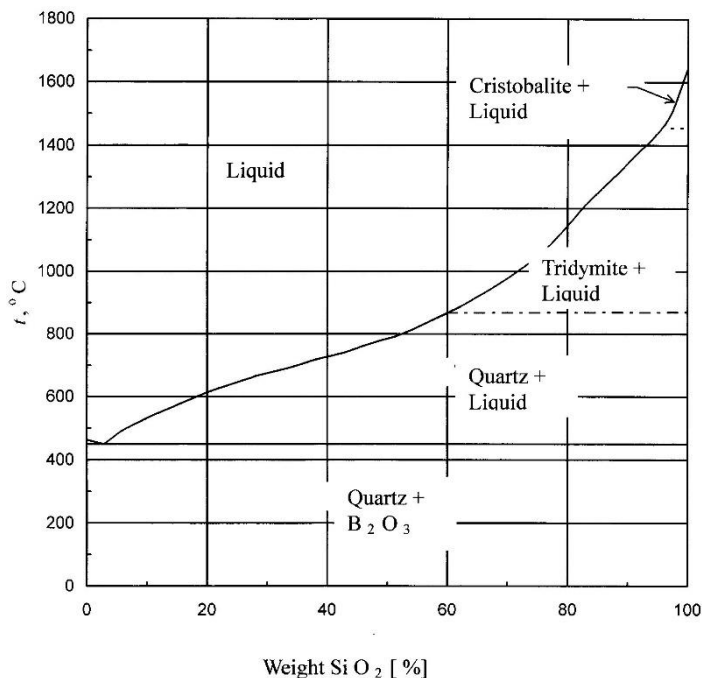


Rys. 5. Rozkład pierwiastków na powierzchni tarcia i w stopie światła na płaszczyźnie gier jest nie tylko nie możliwa, lecz również niepotrzebna.

4. Podsumowanie

Szczególnie trudnym zadaniem eksperymentalnym jest badanie subtelných szczegółów struktury cienkich warstw i powłok o budowie nanokrystalicznej lub amorficznej [10]. W chaotycznym ułożeniu atomów występuje bowiem uporządkowanie bliskiego zasięgu, w którym dominują określone konfiguracje przestrzenne jako konsekwencja określonych wiązań chemicznych lub ich hybryd.

Na fizycznych powierzchniach tarcia możliwe jest formowanie faz tlenków układu $B_2O_3-SiO_2$. Temperatura topnienia w układzie $B_2O_3-SiO_2$ zwiększa się od 458 (temperatura topnienia B_2O_3) do 1650°C (temperatura topnienia SiO_2), co zobrazowano na rys. 6. Można stwierdzić, że w procesie tarcia w wyniku segregacji atomów B i Si na powierzchni stopu możliwe jest formowanie niestechiometrycznych i stechiometrycznych tlenków B_2O_3 , SiO_2 odpowiednio z układem $B_2O_3-SiO_2$, które przy określonych warunkach tarcia będą miękkie, czyli przejdą w stan ciekły. Spowoduje to zmniejszenie współczynnika tarcia do wielkości, która odpowiada współczynnikowi tarcia w fazie ciekłej. Jak wiadomo węgiel powoduje smarowanie powierzchni tarcia i zmniejszenie współczynnika tarcia do 0,15 [2].

Rys. 6. Układ równowagi fazowej B_2O_3 - SiO_2

Biorąc pod uwagę to, że temperatura topnienia B_2O_3 wynosi $458^\circ C$, B_2O_3 - SiO_2 – 458 – $1650^\circ C$ można stwierdzić, że temperatura w strefie tarcia nie przekraczała 458 – $1650^\circ C$. Roztopiona warstwa B_2O_3 , czy B_2O_3 - SiO_2 lub niestechiometryczne związki, które powstaje przy tarcu są smarem ciekłym. Uniemożliwiają one podwyższenie temperatury na powierzchni tarcia powyżej temperatury topnienia B_2O_3 czyli stopu układu B_2O_3 - SiO_2 lub niestechiometrycznych związków. Warstwę którą powstaje przyjęto nazywać serwowitną (od łacińskiego *Servovit* – zabezpieczyć życie).

Otrzymane wyniki pozwalają sformułować nowy efekt w tribologii kompozytowych dyspersyjnie wzmocnionych stopów na bazie układu Fe-Mn-C-B-Si stopowanych Cr: przy zużyciu zachodzą intensywne procesy dyfuzyjne, które powodują segregację i odpowiednio zwiększenie na powierzchni tarcia zawartości C, B i Si [10]. B i Si tworzą na fizycznych powierzchniach tarcia tlenki. Węgiel znajduje się w stanie swobodnym w postaci grafitu, co powoduje zmniejszenie współczynnika tarcia, a tym samym zwiększenie odporności na zużycie stopów eutektycznych.

Stopy eutektyczne mogą być używane do otrzymania powłok odpornych na zużycie. Stosowane między innymi do regeneracji noży w urządzeniach do rozdrabniania opon samochodowych.

Literatura

- [1] Babej J.I., *Fiziczeskije osnovy impulsnowo uprocznienija stali i czuguna*, Naukowa dumka, 1988, s. 240
- [2] Bakli D., *Powierchnostnyje jawlenija pri adgieezii i frikcionnom wzaimodejstwii*, Maszynostrojenije, 1986, s. 360
- [3] Barszcz M., Jóźwik J., Dziedzic K., Stec K., *Evaluation of tribological properties of selected engine oils during operation of the friction pairs of steel-on-steel*, [w:] E3S WEB OF CONFERENCES [WOS], 2017, Vol. 19, p. 1–6
- [4] Jóźwik J., Dziedzic K., Paszeczko M., Łukasiewicz A., *Identification of internal defects of hardfacing coatings in regeneration of machine parts* [w:] E3S WEB OF CONFERENCES [WOS], 2017, Vol. 19, p. 1–6
- [5] Kragelskij I.W., Dobyczin M.N., Kombałow W.S. *Osnovy rascziota na trienije i iznos*, Maszynostrojenije, 1977, s. 256
- [6] Nokolis G., Prigožin I., *Poznanije složnogo*, „Mir”, 1990, s. 342
- [7] Pashechko M., Dziedzic K., Mendyk E., Jóźwik J. *Chemical of Phase Composition of the Friction Surfaces Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr Hardfacing Coatings*, Journal of Tribology, 2017, Vol. 140, No. 2, p. 021302-1-021302-5
- [8] Paszeczko M.I., Gołubiec W.M., Czerniec M.W., *Formirowanije i frikcionnaja stojkość ewtekticzieskich pokrytij*, Naukowa dumka, 1993, s. 344
- [9] Paszeczko M., Montusiewicz J., Dziedzic K., Jóźwik J., *Bagatokriterial'na ocinka znosostijkostì ewtekticnih pokrittiv Fe-Mn- C-B, Legowanih Si, Ni ta Cr*, POWDER METALLURGY, 2017, No 5/6, p. 101–109
- [10] Pashechko M., Lenik K. *Segregation of atoms of the eutectic alloys Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr at friction wear*, Wear, 2009, Vol. 267, p. 1301–1304
- [11] Paszeczko M., Lenik K., Barszcz M., Dziedzic K., *Badania tribologiczne powłoki eutektycznej Fe-Mn-C-B modyfikowanej Si, Ni, Cr, Cu wykazującej samoorganizację powierzchni tarcia*, [w:] NAUKOWIJ VİSNIK KREMENEĆKOİ OBLASNOİ GUMANITARNOİ-PEDAGOGİČNOİ AKADEMİİ İM. TARASA ŠEVČENKA. SERİÂ: PEDAGOGIKA, 2017, Vol. 7, p. 197–202
- [12] Rybakowa L.M., Kuksionowa L.I *Struktura i iznosostojkość mietallow*, Maszynostrojenije, 1982, s. 212

**Oleksandr Tisov¹, Tetiana Cherepova², Oleksandr Dukhota³,
Myroslav Kindrachuk⁴, Alina Yurchuk⁵**

Co-TiC cemented carbides for gas turbine engine applications

Key words: cobalt, titanium carbide, fretting-wear, heat resistance

Summary

The article presents the results of wear behaviour of Co-TiC cemented carbides in conditions of high temperature fretting wear and to evaluate the possibility of their application as protective pads for GTE turbine blades top shrouds. The obtained research results indicate that the investigated material has a uniform wear throughout the range of temperatures. The structure of the material contributes to the formation of small compacted wear products and forms a secondary triboinduced structure whose mechanical properties correspond to the rule of positive gradient. The formed powders of titanium oxides can also play the role of solid lubricant.

1. Introduction

Modern aviation industry is one of the largest consumers of newest technologies and materials. The development of this industry is significantly restrained by the insufficient development of material science. If in the field of structural materials used in atmospheric conditions a real revolution was caused by the so-called "black" composites based on carbon nanotubes, then for the high temperatures the situation has changed much less. Of course, the properties of materials for gas turbine engine have being improved, new protective coatings and thermal barrier layers have being developed, but they are still made from alloys based on iron, cobalt and nickel [1]. It was possible to achieve high indexes of heat resistance, resistance to high temperature creep. However, as before, improvement of their tribological properties is still an important issue. A large number of technologies

¹ dr inż. Oleksandr Tisov, Engineering Department, National Aviation University

² dr inż. Tetiana Cherepova, Institute for Metal Physics, NAS of Ukraine

³ dr inż. Oleksandr Dukhota, Engineering Department, National Aviation University

⁴ dr inż. Myroslav Kindrachuk, Engineering Department, National Aviation University

⁵ dr inż. Alina Yurchuk, Department of Computer Electrotechnical Systems and Technologies, National Aviation University

of their surface strengthening have been developed, which provided a significant improvement of GTE hot section parts.

Particular attention has always been paid to the working blades of GTE – top shrouds, as far as wear of their contact faces is one of most common reason for the blade to fail. One of good methods to improve their wear resistance – is soldering of protective layer made of alloy XTH-61 and XTH-62 [2-3]. Their use provides a blades service life up to 12 thousand hours [4]. The further development of this technology are Co-TiC cemented cabbides [5-6].

The purpose of this study is to study wear behaviour of Co-TiC cemented carbides in conditions of high temperature fretting wear and to evaluate the possibility of their application as protective pads for GTE turbine blades top shrouds.

2. Materials and the methods

A sintered cobalt-based alloy developed jointly with the Institute for Metal Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine has being studied. Cobalt matrix was alloyed by aluminium, iron (their content in the alloy is 2-2.5% wt.) and chromium (15-16% wt). As a reinforcement phase, titanium carbide is used in an amount of 36% wt/50% vol. The size of TiC particles is 1-10 μm . Powder ingredients were milled in a planetary mill. The alloy is fabricated by hot isostatic pressing in a vacuum at a temperature of 1300 $^{\circ}\text{C}$, pressure of 5 MPa; holding time under load – 15 min. [5]. The microstructure of the alloy is shown in Fig. 1.

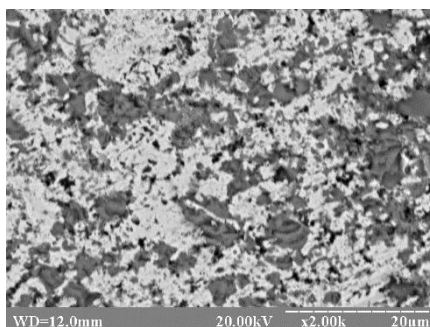


Figure 1. Microstructure of composite sintered cobalt-based alloy containing 50% vol. of TiC. Light phase – cobalt matrix, dark phase – TiC grains

Tribological tests were conducted using wear test machine MFK-1, which is additionally equipped with a circular electric furnace providing temperature up to 1200 $^{\circ}\text{C}$. Test lay-out is shown on Fig. 2. The temperature is controlled using platinum thermocouple placed in the vicinity of fretting contact.

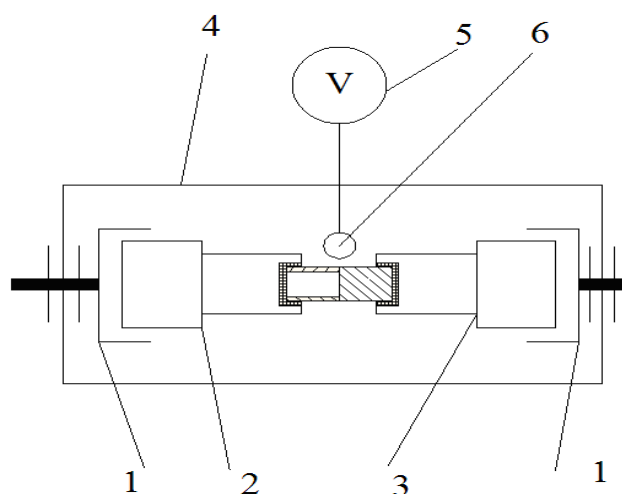


Figure 2. The lay-out of fretting test: 1 – specimens holder, 2 – movable specimen, 3 – counterpart (fixed), 4 – resistance heater, 5 – millivoltmeter, 6 – platinum thermocouple

Specific load in contact – 30 MPa, fretting amplitude – 120 μm at a frequency of – 30 Hz. Test temperature 450-1050 $^{\circ}\text{C}$ Test time –50 hours, corresponding to 5×10^6 of fretting cycles.

Microstructural examinations have being performed using raster electron microscope REM-106I equipped with EDS, and a light microscope MIM-7. The methodology of specimens examinations is shown on Fig. 3.

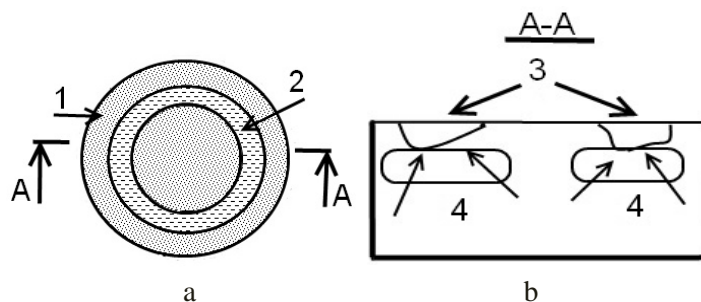


Figure 3. Methodology of specimens examinations; a – top view, b – section view. 1 – wear surface of the specimen, 2,3 – wear scar, 4 – area below wear scar

3. Results and discussion

Tests at high-temperature fretting conditions confirmed the high wear resistance of composite cobalt-based alloy. So, after testing at a temperature of 1050 $^{\circ}\text{C}$, the average linear wear did not exceed 150 microns. The alloy equally wears over a wide range of temperatures, and only at its highest values there is

a significant intensification of wear, which, however, is small, if compared with the results obtained by a other of authors earlier [4, 7], the wear resistance of a wide range of materials used to apply The contact surfaces of the tramline shafts of the turbine blades of the GTE in various ways.

Preliminary investigations of the composite alloy of the Co-TiC system in high-temperature fretting conditions emphasize the possibility of plastic deformation [8-9], which was previously associated with a increase of wear at temperatures above 950 °C, which is why it was for these samples that a material analysis was performed under the friction surface.

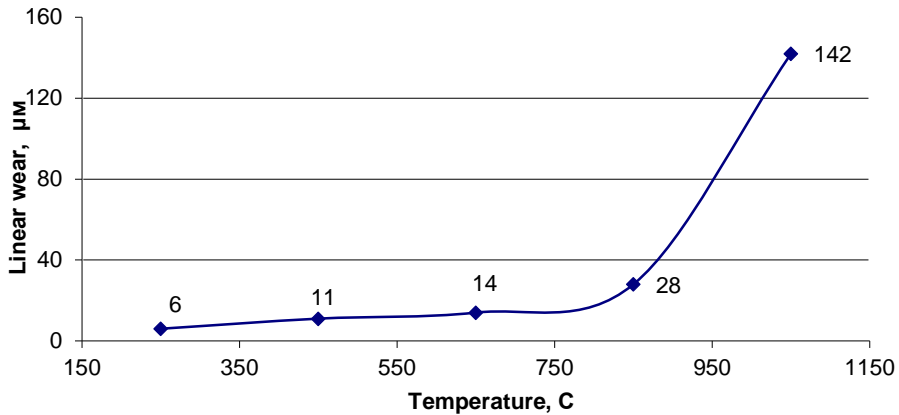


Figure 4. Mean linear wear of 50% vol. Co-TiC cemented carbides

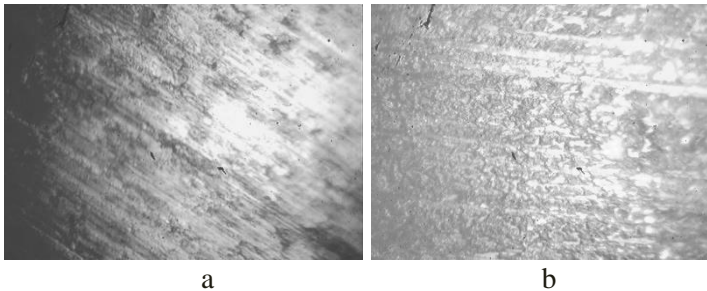


Figure 5. Wear surface of the alloy: a – temperature 250 °C, ×200, b – temperature 450 °C, ×200

At low temperatures the alloy components (matrix and filler), as well as in the initial period of friction, the oxide layer is formed on a surface that occupies about 0.2-0.3 (Fig. 5a) from the sample area, which is approximately equal to the actual contact area [10].

At a temperature of 450 °C, the surface is covered with oxides to higher extent: 85-90% (Fig. 5, b). It can be argued that under these conditions the friction surface is completely covered with an oxide layer.

At temperatures 650 and 850 °C, a change in the nature of the relief of wear track is observed (Fig. 6). On the surface there are visible ploughings in friction direction; this is particularly well seen in Fig. 6, a. It should also note the presence of colored areas on the surface, which may indicate their dissimilar chemical composition.

According to Fig. 4, the average linear wear of the alloy in this temperature range remains low, this indicates the stability of friction process.

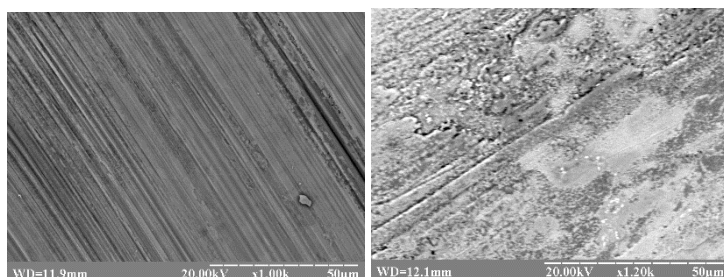


Figure 6. Topography of wear surface of the alloy: *a* – 650 °C, $\times 200$; *b* – 850 °C, $\times 1200$

The increase in temperature to the maximum within value 1050 °C leads to a significant increase in linear wear of the material. In Fig. 7, it is well seen the separation of wear surface into light and dark areas. In the center of the fig. 7, a large particles of 50 microns in diameter are visible.

In Fig. 7, b it can be seen that the wear products, which are mainly accumulated on the surface, have diameter of about 1 μm .

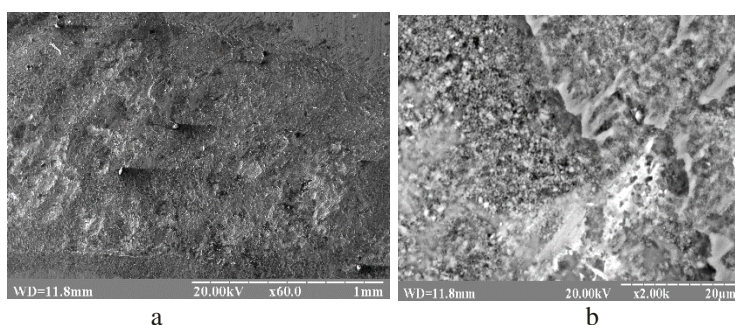


Figure 7. Top view of wear track at temperature 1050°C: *a* – general view, $\times 60$; *b* – wear debris, $\times 2000$

The results of X-ray analysis of light and dark areas are given in Fig. 8. They confirm the different chemical composition of the dark and light areas formed on

the wear surface of Co-TiC cemented carbides after fretting-wear test at temperature of 1050 °C. In particular, in light areas there is an increased content of chromium that exceeds its initial value in the alloy, while the content of cobalt is much lower. Along with the presence of a significant amount of oxygen, iron, cobalt and aluminum, it can be argued that a white section is formed predominantly from chemical elements that are part of a matrix alloy. On the dark areas, on the contrary, the concentration of the elements of matrix alloy is reduced, while the proportion of titanium significantly increases. Oxygen content is also high. This is explained by the oxidation of titanium carbide, as well as the oxidation of other chemical elements.

The size of darker areas is 200-300 microns. By comparing this value with the magnitude of fretting amplitude (120 μm), it becomes clear that they are contour portions of the contact of contiguous surfaces. In the process of wear, carbide grains appear on the actual contact place. Under these conditions, a large proportion of the load falls on the carbide phase. As a result, fine wear debris (Fig. 7, b), whose chemical composition corresponds to titanium oxides are formed.

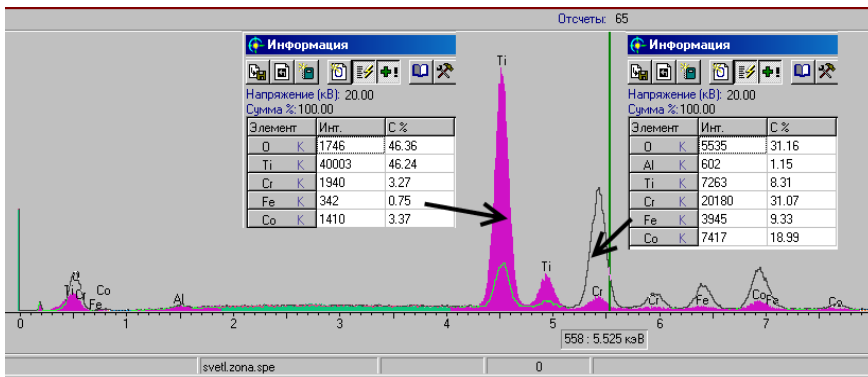


Figure 8. X-ray analyses of oxide layer, temperature 1050 °C. Contour specter – light area, solid specter – dark area (from Fig. 7a)

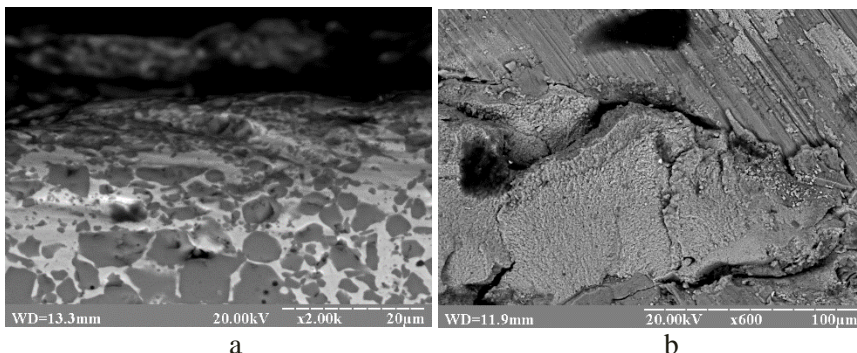


Figure 9. Microstructure of the alloy, *a* – under the wear track, *b* – place of local destruction of oxide layer and its healing by wear debris. Temperature $T = 1050$ °C

Significant growth of wear at temperature 850-1050 °C could be explained by the intensification of the processes of surface deformation of the material. In Fig. 9a, a structure below wear track is shown below the friction path according to the scheme (Fig. 3, b). It can be seen that the mutual arrangement of strengthening phase differs little from the original microstructure, which may indicate plastic deformation of the surface layer. The matrix phase is closely adjacent to the TiC grains, there are no cracks and separation of carbide phase from wear surface. This indicates either strong adhesion with the matrix phase, and optimal distribution of stresses in the material.

Fig. 9b shows the location of the local destruction of oxide layer. Analysis of chemical composition of oxide layer around the destruction area indicates that chromium and oxygen predominates. The composition of the powder product, by which the damaged area is filled (Fig. 9, b) includes all components of alloy and oxygen, with the amount of titanium and chromium higher than in the alloy (24 and 62% wt., respectively), while cobalt - much less (about 7% wt.).

In the whole range of test temperatures, the surface structure is homogeneous, with weakly marked traces of destruction. A stable layer of chromium oxides is formed, and they are selectively covered with titanium oxides. The formation of titanium oxides and their accumulation on a more solid sublayer can be accepted as another proof that carbide grains are placed in the areas of direct contact between two contiguous surfaces. The generated layer corresponds to the rule of a positive gradient of mechanical properties, since the hardness of titanium oxides is much less than the hardness of chromium oxide. In addition, particles of titanium oxide powder can play the role of solid lubricant in the friction zone, softening the wear process. The accumulation of the powdered wear products in the places of oxide film local destruction prevents seizing of contiguous surfaces, since the areas of microwelding during the topographic analysis of wear track have not been found.

4. Conclusions

The investigated material has a uniform wear throughout the range of temperatures. The structure of the material contributes to the formation of small compacted wear products and forms a secondary triboinduced structure whose mechanical properties correspond to the rule of a positive gradient. The formed powders of titanium oxides can also play the role of solid lubricant. At temperatures up to 850 °C, the wear of the material is insignificant and the destruction of the protective oxide layer is not observed. The increment of wear has linear character. It can also be argued that in this range of temperatures, the alloy has uniform wear rate increment, what is especially important for the elements of GTE hot section.

Literature

- [1] Пейчев Г.И., Замковой В.Е., Ахрамеев Н.В., *Новые материалы в авиадвигателестроении Технологические системы*, Прогресс, 2000, Vol. 4, No. 2, p. 5–15
- [2] Ивченко Л.И., Качан Ивченко А.Я., *Изнашивание жаропрочных материалов при вибрациях*, Вестник двигателестроения, 2008, No. 2, p. 160–163
- [3] Cherepova T., Dmitrieva G., Duchota A., Kindrachuk M., Tisov O., *Wear resistant protective materials for rotor blades of aircraft gasturbine engines*, The sixth world congress "Aviation in the XXI – st century", September 23–25, Kyiv, 2014, Vol.1, p. 1.1.26 – 1.1.30
- [4] Богуслаев В.А., Ивченко Л.И., Качан А.Я., Мозговой В.Ф., *Контактное взаимодействие сопряженных деталей ГТД*, Запорожье: издат. комплекс ОАО "Мотор Сич", 2009, p.328,
- [5] Кіндрачук М.В., Духота О.І., Тісов О.В., *Дослідження властивостей композиційних сплавів на основі кобальту*, Металознавство і обробка металів, 2011, N.3, p.17–19
- [6] Кіндрачук М.В., Тісов О.В., Духота О.І., *Формування зносостійкості бандажних полиць лопаток турбін ГТД композиційними сплавами системи (Co-Cr-Fe-Al)+TiC*, Технологічні системи, 2011, Vol.57, No.4, p. 61–64
- [7] Пейчев Г.И., Замковой В.Е., Андрейченко Н.В., *Сравнительные характеристики износостойких сплавов для упрочнения бандажных полок рабочих лопаток газотурбинных двигателей*, Вестник двигателестроения, 2009, No. 2, p. 123–125
- [8] *Дослідження зносостійкості композиційних сплавів на основі кобальту*, 10-й міжнар. симпозиум українських інженерів-механіків у Львові, Львів, 25–27 травня 2011, Нац. ун-т «Львівська політехніка», М-во освіти і науки, молоді та спорту України, 2011, p. 297–298
- [9] Тісов О.В., *Дослідження зносостійкості композиційних сплавів на основі кобальту*, Вісник двигунобудування, 2012, No.1, p. 191–195,
- [10] Заболотный Л.В., Климанов А.С., *Аналитическое исследование зависимости параметров контактирования и трибометрических характеристик от структуры и состава композиций матрично-наполненного типа*, 1979, No. 14, p. 20–26

Mirosław Malec¹, Katarzyna Odrzywolska², Oleh Polishchuk³

Technologia Waterjet w zastosowaniu do procesu cięcia materiałów drzewnych

Słowa kluczowe: materiały drzewne, cięcie wzdłużne, wysokociśnieniowa struga wodna

Streszczenie

W rozdziale opisano technologię cięcia wykorzystującą wysokociśnieniową strugę wodną jako narzędzie tnące w zastosowaniu do procesu cięcia materiałów drzewnych. Zaprezentowano w nim również wyniki z przeprowadzonych badań podczas tego procesu w aspekcie jakości otrzymywanego przekroju materiału poddanego tej obróbce.

1. Wstęp

Waterjet określana jest mianem technologii, w której narzędziem tnącym jest wydobywająca się z dyszy struga wody pod bardzo wysokim ciśnieniem. Wykorzystanie strugi wody jako narzędzia skrawającego ma praktyczne znaczenie wtedy, gdy wydobywające się z prędkością ponaddźwiękową cząstki wody mają ściśle określoną energię kinetyczną. Technologia ta wykorzystywana jest do cięcia oraz czyszczenia różnorodnych materiałów. Technologia Waterjet znana jest pod nazwą obróbki wodno-ścierniej bądź obróbki hydro-ścierniej. Omawiana technologia cięcia, a tym samym i jej nazwa jest uzależniona od rodzaju materiału poddanego tej obróbce. Jest to spowodowane tym, że niektóre materiały wykazują większą twardość od innych co warunkuje możliwości ich obróbki w danej technologii. Tak więc nazwa Water Jet Machining (WJM) oznacza obróbkę materiału samym strumieniem wody i jest ograniczona tylko do niektórych rodzajów materiału. Szerzej stosowana i bardziej elastyczna pod względem różnorodności obróbkowej materiałów jest technologia Abrasive Water Jet Machining (AWJM) i oznacza cięcie strumieniem wody z dodatkiem ścierniwa. Ścierniwo powoduje bardziej dokładne przeprowadzanie operacji oraz zmniejsza duże zapotrzebowanie na energię podczas wykonywania tego procesu. Dlatego też ścierniwo stało

¹ dr inż. Mirosław Malec, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska

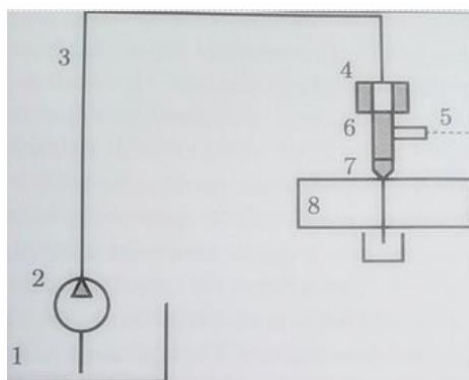
² mgr inż. Katarzyna Odrzywolska, Absolwentka Politechniki Lubelskiej

³ doc. Oleh Polishchuk, Chmielnicki Narodowy Uniwersytet, Ukraina

się nieodłącznym elementem w technologii Waterjet. [4, 11, 12] Do najważniejszych zalet obróbki wysokociśnieniową strugą wody zalicza się: brak konieczności konserwacji narzędzia tnącego, brak strat materiału ze względu na bardzo wąską szczelinę po przecięciu, możliwość cięcia prawie każdego rodzaju materiału (od materiałów twardych do miękkich), brak wydzielania się jakichkolwiek oparów bądź dymów – jest to technologia przyjazna środowisku, brak nagrzewających się miejsc w materiale, brak odkształcenia materiału obrabianego, precyzyjność cięcia utrzymana na wysokim poziomie, możliwość jednoczesnego cięcia wielu warstw materiału, możliwość wycinania bardzo skomplikowanych kształtów. Ze względu na szereg wymienionych wcześniej zalet, technologia Waterjet, znalazła zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Zastosowanie to jest wynikiem tego, iż niektóre dziedziny wymagają dużej precyzji oraz jakości przecięcia zaś inne na przykład zabraniają kontaktu narzędzia tnącego z obrabianym materiałem [8]. Cięcie wysokociśnieniowym strumieniem wody stosuje się nie tylko w produkcji dużych partii elementów, ale także do wykonywania pojedynczych serii produktów, prototypowania oraz wykonywania całych urządzeń. Także przemysł drzewny oraz meblowy cięcie strumieniem wody pod ciśnieniem używa do obróbki drewna naturalnego jak również różnego rodzaju materiałów drzewnych i drewnopochodnych, przy wycinaniu skomplikowanych kształtów oraz łączeniu drewna z innego rodzaju materiałem.

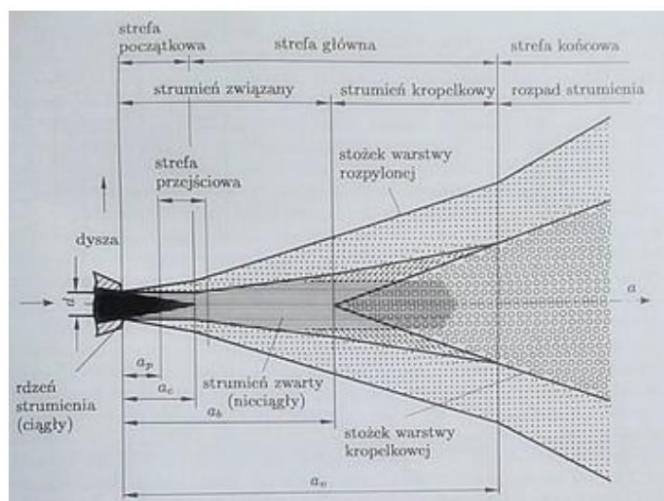
2. Opis i zasada działania technologii Waterjet

Każde urządzenie wykorzystujące w swoim działaniu wysokociśnieniową strugę wody zbudowane jest między innymi z dwóch układów. Układu mechanicznego oraz hydraulicznego. Schemat urządzenia do obróbki wysokoenergetyczną strugą wody przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Podstawowe elementy urządzenia do obróbki z wykorzystaniem wysokociśnieniowej strugi wodno-ścierniej. 1 – zbiornik wodny, 2 – pompa, 3 – przewody, 4 – dysza, 5 – podajnik ścierniwa, 6 – mieszalnik wody ze ścierniwem, 7 – miejsce wylotu strugi wody, 8 – materiał obrabiany [1]

Układ hydrauliczny urządzenia do cięcia wodą składa się ze zbiornika na wodę (1). Do zbiornika przyłączona jest pompa (2), która pompuje wodę do przewodów (3), przewody zakończone są dyszą (4). Jeśli mamy do czynienia z cięciem wodą wraz ze ścierniwem, wtedy przewody te prowadzą do mieszalnika (6), gdzie dostarczana jest woda oraz materiał ścierny (5). Dysza robocza umieszczana jest w odpowiedniej odległości od przedmiotu lub materiału poddawanego obróbce. Układ mechaniczny urządzenia ma za zadanie zapewnienie odpowiedniego poruszania się dyszy względem materiału, celem jego obróbki oraz dostosowanie odległości dyszy do materiału obrabianego. Obróbka wysokociśnieniową strugą wody jest możliwa dzięki ściśle określonym właściwościom i zależnościom tej strugi. Cięcie następuje wtedy, gdy struga wody zachowuje dane parametry od momentu wylotu z dyszy do odpowiedniej odległości, w której znajduje się materiał obrabiany. Łącznie odległość ta zwana jest rdzeniem strumienia i od niej zależy dokładność przeprowadzenia procesu. Ze względu na czynniki zewnętrzne oddziaływujące na strugę wody, przyjmuje ona kształt stożka. Tak więc im dalej od dyszy tym struga napotyka coraz większe zaburzenia, a także zmniejsza się ciśnienie spiętrzania. W kolejnej strefie powstaje rozpylona warstwa stożka, gdzie woda praktycznie oddziela się od strumienia. Następnie pojawia się granica strefy, po której strumień całkowicie się rozpada. Strukturę wysokociśnieniowego strumienia wody obrazuje rysunek 2. [1,9,11,13,14]



Rys. 2. Struktura wysokociśnieniowego strumienia wody: d – średnica dyszy, a_c – rzeczywista długość rdzenia strumienia, a_p – teoretyczna długość rdzenia strumienia, a_b – długość strumienia związanego, a_v – całkowita długość strumienia [1]

Powstały po przecięciu rżaz, a więc jego kształt oraz rozmiar jest ściśle uzależniony od kształtu strugi wody oraz obrabianego materiału a więc jego właściwości fizycznych oraz mechanicznych. Z uwagi na to, iż struga wody

przybiera kształt stożka, rżaz również ma taki wygląd i jest większy na wejściu oraz mniejszy na wyjściu. Dokładność i precyzyjność cięcia a więc prostoliniowość rżazu jest zależna od parametrów procesu tj.: średnica dyszy, odległość od materiału, ciśnienie oraz prędkość posuwu. Odpowiednio dobrane te parametry umożliwiają uzyskanie znacznych prędkości cięcia z zachowaniem dobrej klasy jakości materiałów obrabianych. [6,10] Jak już wspomniano cięciu z zastosowaniem strugi wody poddawane są materiały o skrajnie różniących się od siebie właściwościach mechanicznych oraz fizycznych. Struga wody może ciąć materiały takie jak drewno, papier, tektura, tkaniny, tworzywa sztuczne a także żywność, czyli te materiały które są miękkie. Metoda ta stosowana jest również do cięcia twardszych materiałów np.: materiały metalowe, beton czy też skały. [3,5] Jakość oraz wydajność procesu, obok cech charakteryzujących materiał a więc właściwości mechanicznych oraz fizycznych, zależna jest również od szeregu parametrów samego procesu cięcia.

Na parametry procesu cięcia wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną składają się: 1) własności użytego ścierniwa: – rodzaj ścierniwa, – sposób podawania ścierniwa, – wielkość ziaren ściernych; 2) parametry hydrauliczne strugi: – ciśnienie strugi, – średnica strugi, – moc strugi; 3) parametry technologiczne przecinania: – odległość dyszy od materiału, – prędkość przecinania. [6] Ścierniwo jako materiał ścierny odgrywa bardzo ważną rolę w tym procesie, ze względu na to, iż wraz z wodą tworzy mieszaninę, która rozprężona do odpowiedniej prędkości powoduje erozję materiału obrabianego. Ścierniwo powinno charakteryzować się odpowiednią wielkością ziaren oraz sposobem jego podawania. Materiałem ściernym zazwyczaj są minerały, które są tanie i łatwo dostępne z uwagi na to, iż są pochodzenia naturalnego, oraz charakteryzują się odpowiednim kształtem ziaren. Najlepiej jako ścierniwo sprawdza się granat (garnet). Granat sprawia, że ingerencja do wnętrza obrabianego materiału strumienia wodno-ściernego jest znacznie łatwiejsza.

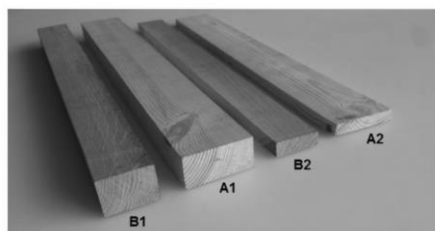
3. Analiza wybranych czynników wpływających na jakość procesu cięcia strumieniem wody materiałów drzewnych

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu wybranych parametrów, to jest ilości ścierniwa w wodzie oraz doboru rodzaju przecinanego materiału w procesie cięcia wzdłużnego wysokociśnieniową strugą wody materiałów drzewnych, w aspekcie jakości otrzymywanego przekroju. Na podstawie oceny jakości otrzymanych przekrojów próbek wybranych materiałów drzewnych stwierdzono jaka powinna być ilość ścierniwa w wodzie, tak aby otrzymać jak najlepszą jakość powierzchni po przecięciu przy założonych w pracy uwarunkowaniach eksperymentu badawczego. W prezentowanym opracowaniu ukazano fragment badań i ich wyniki dla wybranych gatunków drewna z drzewa liściastego oraz iglastego, a mianowicie dla drewna z drzewa jodłowego oraz dębowego.

W wyborze tym autorzy badań kierowali się z jednej strony dużym zróżnicowaniem ich cech materiałowych, a drugiej strony dużym zapotrzebowaniem na te materiały zarówno przez przemysł drzewny jak i przez przyszłych użytkowników. Jodła pochodzi z grupy drzew sosnowatych, charakteryzuje się żółtawobiałą bądź białą barwą twardej oraz najmniejszym stopniem występowania żywicy pośród drzew iglastych. Drewno jodłowe posiada przeciętne cechy wytrzymałościowe, jest łupliwe oraz miękkie ze skłonnością do występowania sęków a także pękania i paczenia. Gatunek ten, jest trudny w obróbce jednakże wykazuje trwałość w kontakcie z wodą. Drewno jodłowe najbardziej pożądane jest w budownictwie ogólnym ale także mostowym oraz wodnym. Dąb zaliczany jest do drzew rodziny bukowatych o zielonkawo-szarej bądź żółtawobrunatnej z odcieniem zielonkawym, barwą twardej. Drewno dębu wykazuje najlepsze właściwości techniczne, wtedy gdy osiąga wiek około 180 lat. Najlepiej obrabia się drewno wąskosłoiste z uwagi na fakt, iż jest miękkie, odwrotnie zaś jest w przypadku drewna szerokosłoistego, które jest twarde i mniej podatne na obróbkę. Drewno dębowe wykorzystuje się w budownictwie zarówno lądowym jak i wodnym, ważne jest by materiał ten był dobrze wysuszony, ponieważ łatwo ulega pękaniu oraz paczeniu. Z tego rodzaju drewna wykonywane są elementy stolarki budowlanej, podkłady kolejowe, posadzki czy też podwaliny ścian. Jodła należy do I klasy twardości i uważana jest za drewno bardzo miękkie, jej twardość wynosi mniej niż 350 (kG/cm²). Dąb z kolei należy do IV klasy twardości i zaliczany jest do drewna twardego o wartości 650–1000 (kG/cm²). Badane próbki drewna były sezonowane na powietrzu, pod zadaszeniem, przez okres 2 lat, a ich zmierzona w trakcie badań wilgotność mieściła się w przedziale od 15 do 20%.

3.1. Program badań

Pierwszym etapem realizacji części badawczej pracy było odpowiednie przygotowanie próbek drewna. Wykonano operację cięcia i następnie strugania materiału badawczego na wymagany wymiar, tak aby otrzymać taką samą długość jak i grubość drewna jodłowego oraz dębowego.



Rys. 1. Przykład próbek badawczych. Próbki typu: A1 i A2 – próbki z drewna z drzewa iglastego (jodła), próbki typu: B1 i B2 – próbki z drewna z drzewa liściastego (dąb)

Do tego celu wykorzystano pilarkę tarczową oraz strugarko-wyrówniarkę. Na rysunku 1 zaprezentowano przykłady próbek badawczych. Szerokość próbek badanych była różna i wynikała z wielkości pozyskanego materiału wyjściowego, z którego wykonano próbki badawcze. Wymiar ten nie wpływał na zakres i cel przeprowadzonych badań, stąd też został w pracy pominięty. Otrzymano próbki badawcze drewna o następujących wymiarach: 1. Próbki oznaczone jako: typ A1 – jodła: grubość 35mm, długość 360mm; 2. Próbki oznaczone jako: typ A2 – jodła: grubość 15mm, długość 360mm; 3. Próbki oznaczone jako: typ B1 – dąb: grubość 35mm, długość 360mm; 4. Próbki oznaczone jako typ: B2 – dąb: grubość 15mm, długość 360mm.

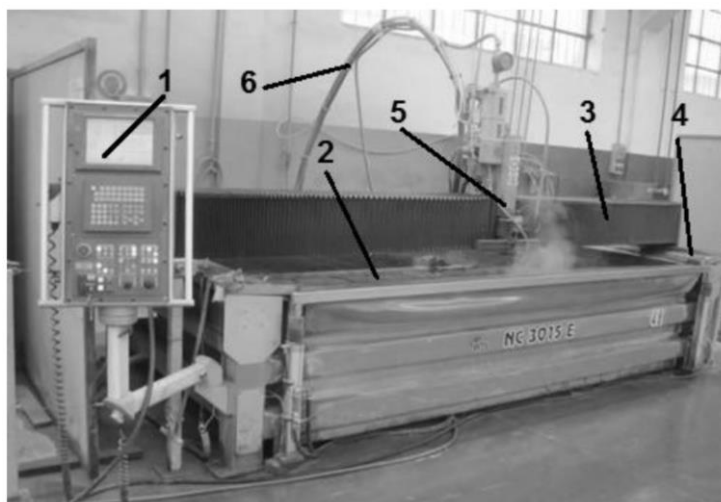
W procesie badawczym cięcia wzdłużnego wysokociśnieniową strugą wody ze ścierniwem w każdej próbie były zachowywane te same wymiary próbek badawczych i ich wilgotność oraz warunki pracy samego urządzenia, w tym:

1. Narzędzie: – tuba Abrasive Nozzle R100 0,76 AutoS. L=76,2mm,
– kryza: Sapphire Autostream 0,25,
– rodzaj ścierniwa: GMA Garnet 80;
2. Ciśnienie wody: 3800 bar (PSI)

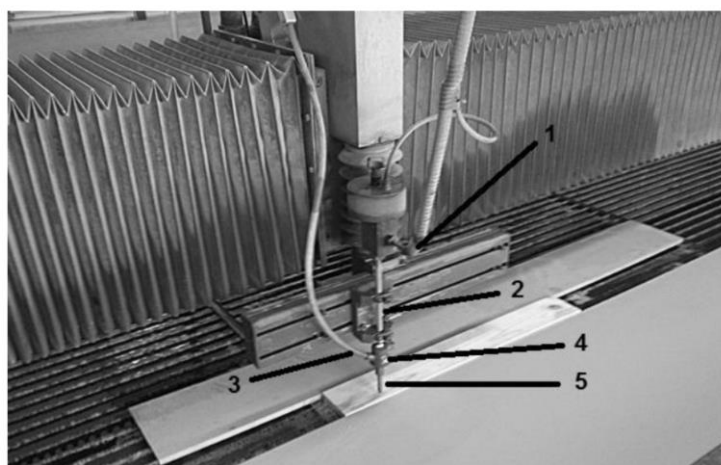
Parametrem zmiennym procesu cięcia była ilość dostarczanego ścierniwa w wodzie. Wydatek ścierniwa, uzależniony w tym wypadku rozwiązaniami konstrukcyjnymi wykorzystanego w badaniach urządzenia, zazwyczaj mieści się w granicach od 50 do 500 (g/min), a jego ilość jest ściśle uzależniona od rodzaju materiału obrabianego oraz jego późniejszych zastosowań – rozwiązań konstrukcyjnych. W czasie wykonywania badań wybrany zakres ilości dostarczanego ścierniwa był dostosowany przez operatora maszyny poprzez obserwację zachowania się materiału obrabianego podczas wstępnych prób badawczych cięcia. W badaniach wstępnych ustalono, iż przy cięciu tego rodzaju materiału, ze względu na przebieg procesu i jakość powierzchni otrzymywanego przekroju obrabianego materiału, ilość podawanego ścierniwa będzie się mieściła w przedziale od 100 do 200 (g/min) i będzie zmieniana podczas prób badawczych o 50 (g/min). Podczas badań wykonano próby cięcia dla wszystkich rodzajów materiałów próbek badanych dla 100, 150 oraz 200 (g/min) dostarczanego ścierniwa w wodzie. W omawianym badaniu procesu cięcia wzdłużnego wysokociśnieniową strugą wody materiałów drzewnych użyto ścierniwa typu Garnet mesh 80. Garnet to granat szlachetny, minerał mający zastosowanie jako ścierniwo w procesach cięcia strugą wody pod wysokim ciśnieniem w technologii Waterjet. Ten rodzaj ścierniwa charakteryzuje się wysoką trwałością oraz twardością, niską zużywalnością w procesie cięcia, oraz małym pyleniem w porównaniu do innych rodzajów ścierniw.

3.2. Stanowisko badawcze

Badania, których wyniki zostały przedstawione w niniejszym opracowaniu zostały wykonane z wykorzystaniem obrabiarki WJS NC 3015E Waterjet. Jest to przecinarka wodna wyprodukowana w Szwecji. Na rysunku 2 przedstawiono wykorzystane w pracy stanowisko badawcze – obrabiarkę Waterjet oraz na rysunku 3 użytą w procesie badawczym jej głowicę tnącą.



Rys. 2. Stanowisko badawcze – Urządzenie WJS NC 3015E Waterjet. 1 – panel sterowania i kontroli maszyny, 2 – stół roboczy maszyny, 3 – prowadnica x, 4 – prowadnica y, 5 – głowica, 6 – przewody

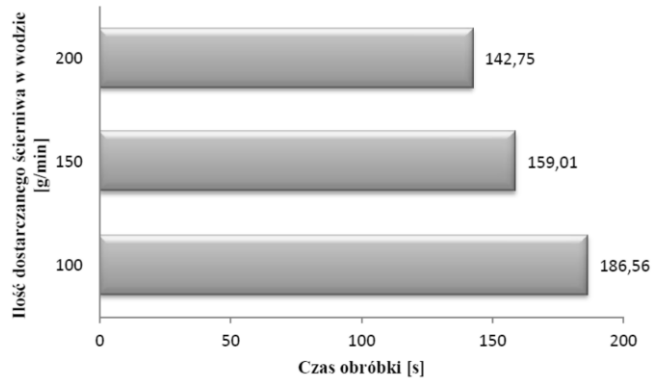


Rys. 3. Głowica tnąca. 1 – podajnik wody, 2 – przewód z wodą pod wysokim ciśnieniem, 3 – podajnik ścierniwa, 4 – tuba miksująca, 5 – dysza

3.3. Wyniki badań

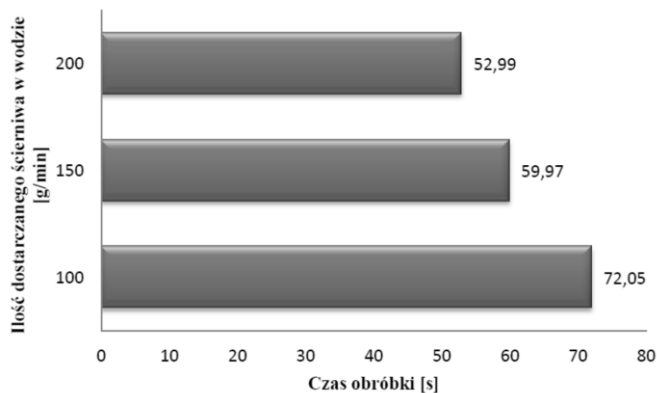
Podczas wykonywania badań cięcia wysokociśnieniową strugą wody na dziesięciu próbkach każdego typu próbek: A1, A2, B1 i B2 z dwóch rodzajów materiału drzewnego i o dwóch różnych grubościach wykonano po trzy próby cięcia wzdłużnego przy zachowaniu stałych parametrów tj. wymiarów próbek z danego typu i grupy, narzędzie tnące – struga wody (ciśnienie wody – 3800 bar) oraz ustalonej ilości ścierniwa w wodzie to jest: 100, 150 oraz 200 (g/min).

Drewno iglaste - jodła próbka A1 (grubość: 35mm, długość: 360mm)



Rys. 4. Wykres zależności między podawaną ilością ścierniwa w wodzie podczas procesu, a średnim czasem obróbki w procesie cięcia wzdłużnego wysokociśnieniową strugą wody dla drewna iglastego próbka: typ A1

Drewno iglaste - jodła próbka A2 (grubość: 15mm, długość: 360mm)

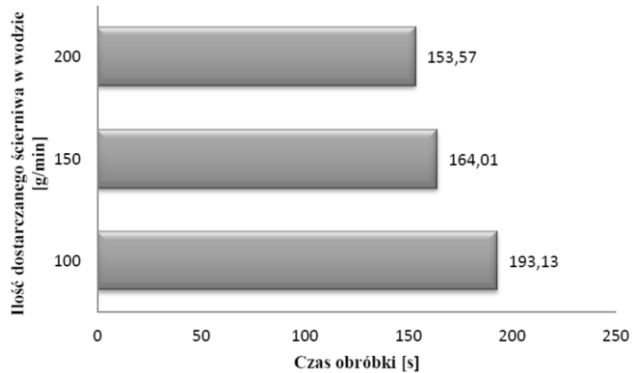


Rys. 5. Wykres zależności między podawaną ilością ścierniwa w wodzie podczas procesu, a średnim czasem obróbki w procesie cięcia wzdłużnego wysokociśnieniową strugą wody dla drewna iglastego próbka: typ A2

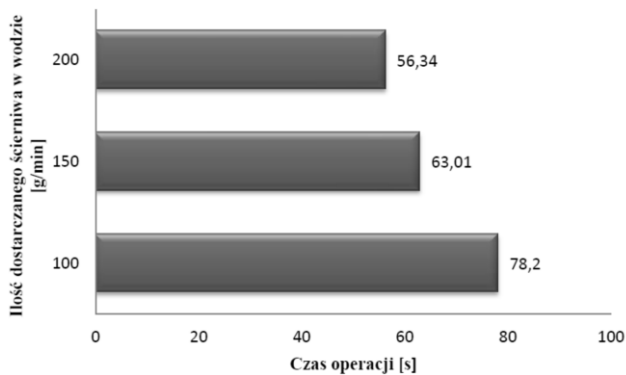
W każdej wykonywanej próbie cięcia wzdłużnego mierzono jego czas, następnie wyniki pomiarów zestawiano w tabelach badawczych. Czas prób cięcia wzdłużnego dla ustalonej ilości ścierniwa w wodzie został uśredniony, policzono również odchylenie standardowe z prób. Na wykresach rysunki od 4 do 7 ukazano zależność jaka powstała między ilością dostarczanego ścierniwa w wodzie a obliczonym średnim czasem niezbędnym na wykonanie tej operacji w założonych przez autorów pracy warunkach eksperymentu badawczego.

Z wykresu 4 przedstawiającego wyniki pomiaru czasu cięcia dla drewna iglastego próbki A1 o grubości 35mm przy zmienianym parametrze ilości ścierniwa w wodzie można zaobserwować następującą zależność przy wydatku 100 (g/min) ścierniwa średni czas na przeprowadzenie operacji cięcia wyniósł 186,56 (s). Gdy zmieniono wydatek ścierniwa na 150 (g/min) czas operacji skrócił się i wyniósł 159,01 (s), podobnie stało się gdy ilość ścierniwa ustalono na 200 (g/min), przy tej próbie cięcia średni czas operacji wyniósł 142,75 (s). Różnica skrajnych czasów pomiędzy próbami cięcia, ze zmienianym parametrem ścierniwa, wynosi 44 (s). Tendencja zmiany czasu cięcia jest malejąca co oznacza, że wraz ze wzrostem wydatku ścierniwa w wodzie czas na przeprowadzenie operacji cięcia na próbkach typu: A1 o grubości 35mm zmniejsza się. Do podobnych wyników z badań dochodzi się w przypadku analizowania wykresu 5 dla drewna iglastego próbki typu: A2 o grubości 15mm. Jednakże wiadome jest, iż przy różnych grubościach próbek drewna wartość czasu jest różna, w tym wypadku zmierzone czasy próby cięcia były krótsze. Przy 100 (g/min) ścierniwa średni czas na wykonanie operacji cięcia wzdłużnego wyniósł 72,05 (s). Po zwiększeniu o 50 (g/min) ścierniwa zmierzony średni czas cięcia wyniósł 59,97 (s), zaś przy wydatku 200 (g/min) ścierniwa czas operacji wyniósł 52,99 (s). Jak widać przy mniejszym przekroju próbki zmierzone czasy przeprowadzanych operacji cięcia są krótsze, a różnica skrajnych czasów po zmianie parametrów wynosi 20 (s). Również tendencja zmiany czasu cięcia mierzonych operacji jest malejąca wraz ze zwiększaniem wydatku ścierniwa w wodzie. Należy podkreślić, iż w każdym badanym przypadku próby cięcia droga (długość) cięcia była taka sama i wynosiła 360mm.

Na wykresach przedstawionych na rysunku 6 oraz 7 dla próbek drewna liściastego typu: B1, B2, zaobserwować można zmiany czasowe dla procesu cięcia jak w przypadku próbek drewna iglastego wywołane poprzez zmiany dostarczanej ilości ścierniwa w wodzie. Dla próbek typ: B1 po zmianie wydatku ścierniwa ze 100 (g/min) na 150 (g/min) zanotowano aż 29 (s) różnicy. Zaś po zmianie ze 150 (g/min) na 200 (g/min) wydatku ścierniwa różnica czasu cięcia wyniosła 11 (s). Podobne różnice czasowe zaistniały przy cięciu próbek typu: B2. Wniosek z badań jest podobny, im więcej ścierniwa w strumieniu wody, tym czas przeprowadzanej operacji cięcia wzdłużnego zmniejsza się niezależnie od rodzaju poddanego procesowi cięcia materiału.

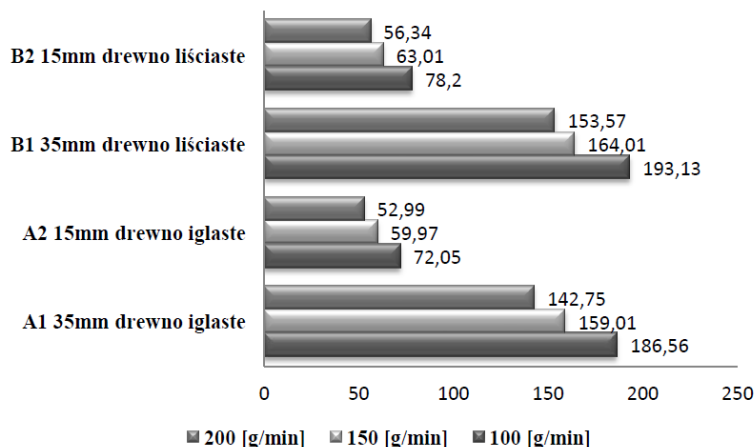
Drewno liściaste - dąb próbka B1 (grubość: 15mm, długość: 360mm)

Rys. 6. Wykres zależności między podawaną ilością ścierniwa w wodzie podczas procesu, a średnim czasem obróbki w procesie cięcia wzdłużnego wysokociśnieniową strugą wody dla drewna liściastego próbka: typ B1

Drewno liściaste - dąb próbka B2 (grubość: 15mm, długość: 360mm)

Rys. 7. Wykres zależności między podawaną ilością ścierniwa w wodzie podczas procesu, a średnim czasem obróbki w procesie cięcia wzdłużnego wysokociśnieniową strugą wody dla drewna liściastego próbka: typ B2

Na wykresie rysunek 8 zestawiono ze sobą wyniki średnie z pomiaru czasu cięcia wszystkich badanych próbek drewna, przedstawiono zależność między czasem przebiegu operacji a ilością dostarczanego ścierniwa w wodzie, celem wzajemnego porównania ich ze sobą, a także określenia czy grubość badanych próbek ma wpływ na czas operacji.



Rys. 8. Zestawienie wyników badań dla wszystkich badanych próbek drewna. Wykres zależności między podawaną ilością ścierniwa w wodzie podczas procesu, a średnim czasem obróbki (s) w procesie cięcia wzdłużnego wysokociśnieniową strugą wody

Z wykresu rysunek 8, który zestawia ze sobą wszystkie wyniki pomiarów czasu operacji cięcia wysokociśnieniową strugą wody, można wywnioskować, iż grubość badanych próbek ma wpływ na czas operacji. Czas cięcia dla próbek zarówno typu: A1 oraz typu: B1 o tej samej grubości 35mm oraz tym samym parametrze ścierniwa jest zbliżony. Lecz czas ten jest o wiele dłuższy niż przy cięciu próbek drewna typu: A2 oraz typu: B2 o grubości 15mm. Oznacza to, że w opisywanym procesie technologicznym cięcie drewna o większym przekroju wymaga dłuższego czasu przebiegu tego procesu niż przy cięciu próbek o mniejszej grubości.

4. Podsumowanie i wnioski

Z przeprowadzonych w pracy badań i po analizie otrzymanych z nich wyników można stwierdzić, że badane w ramach założonego eksperymentu badawczego czynniki procesu cięcia wzdłużnego wysokociśnieniową strugą wody – to jest rodzaj przecinanego materiału drzewnego oraz ilość dostarczanego ścierniwa w wodzie mają wpływ zarówno na czas przebiegu samej operacji oraz na jakość otrzymywanych powierzchni przecięcia. Po każdorazowym zwiększeniu wydatku ilości ścierniwa, w założonym w pracy po badaniach wstępnym zakresie, o 50 (g/min) w danej próbce cięcia czas na przeprowadzenie tej operacji zmniejszał się zarówno dla próbek typ A z drewna: jodła o grubości próbek 15mm oraz 35mm, a także próbek typ B z drewna: dąb o grubości próbek 15mm oraz 35mm. Otrzymane wyniki z badań potwierdzają, iż w procesie cięcia wysokociśnieniową strugą wody wielkość przekroju ciętego materiału wpływa na czas realizacji tej operacji. Próbkę drewna poddawane operacji cięcia o grubości 35mm zarówno z drewna dębu jak i z drewna jodły notowały większe wartości zmierzonego czasu

potrzebnego na przecięcie próbek badawczych niż próbki z drewna tych samych gatunków, ale o grubości 15mm. Kolejne wykresy zestawiające ze sobą różnice czasu cięcia między badanymi próbkami drewna o tej samej grubości lecz o innym gatunku przy tej samej określonej ilości ścierniwa podawanego w wodzie, pozwoliły stwierdzić, iż gatunek ciętego drewna wpływa na czas realizowanej operacji w tej metodzie cięcia. Zarówno w przypadku cięcia próbek o grubości 35mm jak i 15mm obserwowana jest znaczna różnica czasowa wykonania tej operacji pomiędzy badanymi gatunkami drewna.

Po przecięciu próbek drewna i dokonaniu oceny jakości otrzymanych powierzchni spośród badanych w pracy materiałów stwierdzono, że najlepszą powierzchnią – o najmniejszej chropowatości charakteryzuje się drewno liściaste oraz iglaste o grubości 15mm przy wydatku 200 (g/min) dostarczanego ścierniwa w wodzie. Można stwierdzić, że im większa jest ilość ścierniwa w wodzie podczas opisywanego procesu, tym lepsza jakość powierzchni przecięcia badanych materiałów drzewnych w założonych w pracy warunkach eksperymentu. Dodatkowy wpływ na to ma grubość ciętego materiału, a także gatunek drewna. Próbki drewna o mniejszej grubości wykazują gładszą powierzchnię – o lepszej jakości, od tych o większej grubości. Przeprowadzone badania oraz ich wyniki, pomimo istniejącego niewątpliwie ograniczenia w postaci badania tylko dwóch rodzajów badanych gatunków materiałów drzewnych i dwóch ich grubości pokazują, że jest możliwe cięcie drewna za pomocą strugi wody mimo tego, że drewno znane jest jako materiał higroskopijny, ponadto przy odpowiednim dostosowaniu ilości dostarczanego ścierniwa w studze wodnej możliwe jest podczas procesu cięcia otrzymanie dobrych jakościowo, o małej chropowatości, powierzchni przecięcia.

Literatura

- [1] Beer P., *Niekonwencjonalne narzędzia do obróbki drewna. Nóż ultradźwiękowy, promień świetlny, struga wody*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań 2007
- [2] Bilczuk A., Lenik K., Malec M., *Podstawy konstrukcji drewnianych*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 1994
- [3] Borkowski P., *Teoretyczne i doświadczalne podstawy hydrostrumieniowej obróbki powierzchni*, Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2004
- [4] Erdmann-Jesnitzer F., Loniz H., Wiedemeier J., *The action of high speed water jets on materials*, 5th Int. Symp. Jet Cutting Technology. Hannover 1980
- [5] Frenzel L. M., *A comparison of surface preparation for coatings by water jetting an abrasive blasting*, 10th Am. Waterjet Conf. Houston 1999
- [6] Gołąbczak A., Kozak J., *Wybrane problemy kształtowania strumieniowego* 6, Konferencja EM'2000, Electromachining, Bydgoszcz 2000

-
- [7] Hashish M., *Steel cutting with abrasive waterjets*, Proceedings of 6th Int. Symp. on Jet Cutting Technology, Surrey 1982
- [8] Korga S., Piłat S., *Modernizacja drukarki 3d poprzez rozwiązanie konstrukcyjne umożliwiające wydruk akrylonitrylo-butadieno-styrenu* [w:] Młody inżynier XXI wieku, [red:] Buraczyńska B., Kuczmazewska A., Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2018, s. 24–34
- [9] Kulecki M. K., *Processes and apparatus developments in industrial waterjet applications*. Int. J. Mach, Tools Manuf., 2002, Vol.42,
- [10] Mazurkiewicz M., *A manufacturing tool for a new century.*, J. Mater. Proc. Technol, 2000, Vol. 106
- [11] Oczóś K., *Kształtowanie materiałów skoncentrowanymi strumieniami energii*. Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1988
- [12] Płonka S., Szadowski J., Pryszcz A., Szostak P., *Experience In some materials water jet and abrasive water jest machining*, 2nd Int. Conf. Water Jet Machining, Kraków 2001
- [13] Wang J., *Abrasive Water Machinning of Polymer Matrix Composites-cutting performance, erosive process and predictive models*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1999, Vol. 15, p. 757–768
- [14] Wang J., Wong W.C.K., *A study of abrasive waterjet cutting of metallic coated sheet steels.*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 1999, Vol. 39, No. 6, p. 855–870

Mirosław Malec¹, Cezary Czmuda², Oleh Polishchuk³

Wpływ wilgotności drzewnych materiałów konstrukcyjnych na ich odporność w procesie zginania

Słowa kluczowe: materiały drzewne, wytrzymałość na zginanie, wilgotność

Streszczenie

W rozdziale przedstawiono wyniki z przeprowadzonych badań wybranych drzewnych materiałów konstrukcyjnych poddawanych procesowi zginania przy uwzględnieniu zmian ich wilgotności celem określenia jej wpływu na ich wytrzymałość dla tego rodzaju obciążenia.

1. Wstęp

Wytrzymałość drewna na zginanie statyczne jest oprócz wytrzymałości na ściskanie podłużne jedną z najczęściej oznaczaną próbą wytrzymałościową [2]. Duże znaczenie tych pomiarów wynika z faktu, że większość odpowiedzialnych elementów w konstrukcjach inżynierskich, w tym budowlanych, przenosi obciążenia działające ściskająco lub zginająco [6]. Badanie wytrzymałości drewna wymaga uwzględnienia wielu czynników wśród których należy wymienić: jego rodzaj, odchylenie kierunku działania sił w stosunku do przebiegu kierunku włókien, długotrwałość działania obciążeń, jego wilgotność, rodzaj i rozmieszczenie sęków lub innych wad i uszkodzeń, gęstość, temperatura drewna oraz wymiary badanej próbki. Na przykład wzrost wilgotności tego materiału powoduje spadek jego wytrzymałości ze względu na fakt występowania zjawiska osłabienia sił spójności międzycząsteczkowej w celulozie pod wpływem wody, przy zmieniającej się równocześnie konsystencji towarzyszących substancji bezpostaciowych, co w konsekwencji powoduje zmniejszenie wytrzymałości drewna. Tę niekorzystną cechę drewna, wynikającą z jego powinowactwa do wody, trzeba więc znacząco ograniczać. W celu określenia jaki wpływ ma wzrastająca wilgotność drzewnych materiałów konstrukcyjnych na ich odporność w procesie zginania autorzy niniejszego opracowania w części praktycznej swojej pracy przygotowali próbki

¹ dr inż. Mirosław Malec, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska

² mgr inż. Cezary Czmuda, Absolwent Politechniki Lubelskiej

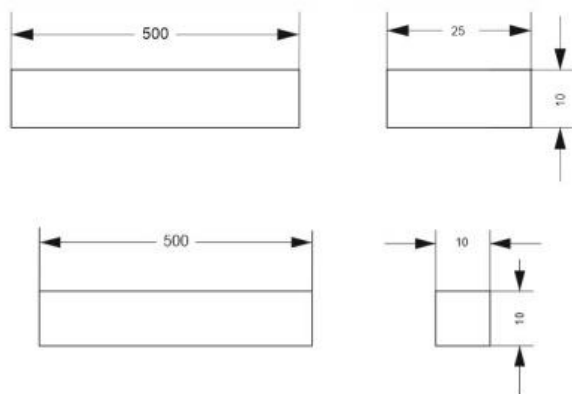
³ doc. Oleh Polishchuk, Chmielnicki Narodowy Uniwersytet, Ukraina

z wybranych materiałów drzewnych oraz przeprowadzili badania ich wilgotności, a następnie także badanie wytrzymałości tych próbek w próbie zginania statycznego. Badania te powtórzono kilkakrotnie, w tym również przy zróżnicowanym oddziaływaniu środowiska wodnego na badany materiał. Wyniki uzyskane z przeprowadzonych w założonych przez autorów pracy warunkach badań pozwalają określić jaki wpływ ma wzrastająca wilgotność drzewnych materiałów na ich odporność w procesie zginania.

2. Badania własne

2.1. Przeprowadzenie badań wilgotności próbek i ich wyniki

Do badań łącznie przygotowano po trzydzieści próbek o wymiarach 500x10x10 mm z drewna dębowego, topoli i sosny, a także dodatkowo trzydzieści próbek o zwiększonym przekroju – o wymiarach 500x10x25 mm z drewna sosny (rys. 1). Do próbek wybrano gatunki drewna, które są jednymi z popularniejszych gatunków wybieranych przez przemysł w naszym kraju oraz są stosunkowo dobrze dostępnymi gatunkami materiałów drzewnych.[9] Mając także na uwadze to by w badaniach uwzględnić zarówno materiał z drewna drzew liściastych, jak też materiał z drewna drzew iglastych. W pierwszym etapie prac badawczych, po przygotowaniu próbek wybranego materiału badawczego, autorzy niniejszej pracy przeprowadzili badania wilgotności przygotowanych próbek drzewnych przy pomocy wilgotnościomierza elektrycznego Benetech GM 610 (rys. 3). Pomiar na każdej próbce został przeprowadzony pięciokrotnie w punktach pomiarowych co 100 mm. Rys. 2 przedstawia umiejscowienie punktów pomiarowych na badanej próbce.



Rys. 1. Wymiary próbek badawczych



Rys. 2. Punkty pomiarowe próbki

Po przygotowaniu próbek na 10 próbkach z każdego rodzaju przeprowadzono badanie wilgotności, natomiast pozostałe próbki zostały zanurzone w wodzie na czas 3 godzin oraz na czas 12 godzin. Po tym czasie próbki były ponownie badane w celu ponownego określenia ich wilgotności. Wyniki pomiarów z badań wilgotności każdej próbki zostały zapisywane w tabelach pomiarowych. Przykład tabeli pomiarowej zaprezentowano w zestawieniu tab. 1.

Tabela 1. Wyniki z pomiaru wilgotności dla próbek pozyskanych z drewna topoli (bez zanurzenia w środowisku wodnym)

nr pomiaru	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
pomiar wilgotności [%]	9,5	9,5	9	8,5	8,5
nr pomiaru	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
pomiar wilgotności [%]	9,5	9	9	9	8,5
nr pomiaru	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
pomiar wilgotności [%]	9	8	8,5	8	9
nr pomiaru	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
pomiar wilgotności [%]	10	9,5	9,5	9	9,5
nr pomiaru	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
pomiar wilgotności [%]	9	9	8,5	8,5	8
nr pomiaru	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
pomiar wilgotności [%]	9,5	9	9	9	8,5
nr pomiaru	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
pomiar wilgotności [%]	9,5	9	9	9	8,5
nr pomiaru	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5
pomiar wilgotności [%]	9	9	8,5	8,5	8
nr pomiaru	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5
pomiar wilgotności [%]	9,5	9	9	9	8,5
nr pomiaru	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5
pomiar wilgotności [%]	9	9	8,5	8,5	8



Rys. 3. Wilgotnościomierz elektryczny GM610

Źródło: zdjęcie własne

Tabela 2. Wyniki pomiaru wilgotności próbki z drewna sosny 500x10x10 (po 3h w wodzie)

nr pomiaru	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
pomiar wilgotności [%]	18	18,5	18	17,5	18
nr pomiaru	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
pomiar wilgotności [%]	19	19	19	20	18
nr pomiaru	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
pomiar wilgotności [%]	19	19	19	20	18
nr pomiaru	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
pomiar wilgotności [%]	19	18,5	18,5	18,5	18
nr pomiaru	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
pomiar wilgotności [%]	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
nr pomiaru	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
pomiar wilgotności [%]	18	18,5	18	17,5	18
nr pomiaru	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
pomiar wilgotności [%]	19	19	19	20	18
nr pomiaru	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5
pomiar wilgotności [%]	19	19	19	20	18
nr pomiaru	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5
pomiar wilgotności [%]	19	19	19	20	18
nr pomiaru	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5
pomiar wilgotności [%]	19	19	19	20	18

Jak już wspomniano w pierwszej kolejności przebadano próbki wyjściowe (bez ich wcześniejszego umieszczenia w środowisku wodnym) dla każdego wybranego w eksperymencie badawczym rodzaju materiału drzewnego. W następnym kroku kolejne 10 próbek z każdego gatunku drewna zostało umieszczonych w wodzie na czas 3 godzin. W celu zapewnienia poprawności pomiarów, badania wilgotności próbek dokonywano po 15 minutach od wyjęcia ich z wody. Podobnie jak w poprzednich próbach pomiary zostały dokonane w odpowiednich punktach pomiarowych. Przykład uzyskanych wyników prezentuje tabela 2.

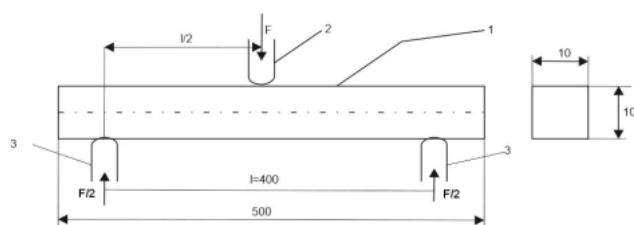
Pozostałe 30 próbek po 10 z każdego gatunku zostały pozostawione w wodzie na okres 12 godzin. Następnie były one wyjęte i po 15 minutach przeprowadzono pomiary ich wilgotności, w odpowiednich punktach pomiarowych. Przykład uzyskanych wyników z badań przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Wyniki pomiaru wilgotności próbki z drewna sosny 500x10x10 (po 12h w wodzie)

nr pomiaru	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
pomiar wilgotności [%]	28	28	28	28	28
nr pomiaru	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
pomiar wilgotności [%]	27	26	27	26	26,5
nr pomiaru	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
pomiar wilgotności [%]	28	28	27,5	27	27
nr pomiaru	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
pomiar wilgotności [%]	27	26	27	26	26,5
nr pomiaru	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
pomiar wilgotności [%]	29	29	29	29	29
nr pomiaru	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5
pomiar wilgotności [%]	27	26	27	26	26,5
nr pomiaru	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
pomiar wilgotności [%]	27	26	27	26	26,5
nr pomiaru	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5
pomiar wilgotności [%]	29	29	29	29	29
nr pomiaru	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5
pomiar wilgotności [%]	27	26	27	26	26,5
nr pomiaru	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5
pomiar wilgotności [%]	28	28	28	28	28

2.2. Badanie wytrzymałości na zginanie i ich wyniki

Zginanie statyczne pojawia się w drewnie, w trakcie wzrastającego powoli obciążenia zginającego, działającego bez zmiany kierunku. Badanie wytrzymałości drewnianych materiałów konstrukcyjnych na zginanie statyczne przeprowadza się w belce podpartej na obu końcach i obciążonej w środku długości. W wyniku takiego procesu górna płaszczyzna belki jest rozciągana, a dolna ściskana. Występowanie wad drewna, zwłaszcza sęków w miejscu przyłożenia siły, jest niedopuszczalne ponieważ duża ilość sęków w środku długości oraz w dolnej, rozciągającej płaszczyźnie belki powoduje znaczne obniżenie wytrzymałości badanej próbki na zginanie. Badaną belkę, bez względu na jej wielkość, obciąża się w środku długości prostopadłe do jej przekroju promieniowego. Wzrost obciążenia, podczas badania próbki małej, powinien wynosić 1,78kN w ciągu minuty. Podczas wzrostu obciążenia, oddziałującego równoległe lub prostopadłe do przebiegu włókien drewna, następuje najpierw sfałdowanie powierzchni ściskanej i rozerwanie powierzchni rozciąganej, a w efekcie złamanie próbki.[3] Z uwagi na anizotropową budowę drewna, charakterystyki sprężysto-wytrzymałościowe określa się oddzielnie dla kierunku wzdłuż włókien i prostopadłe do nich. Wartości naprężeń niszczących są małe, gdy siły działają prostopadłe do włókien [1]. Przedmiotem kolejnego etapu badań było przeprowadzenie na każdej próbce z każdego materiału drewnianego, o znanej wilgotności, statycznej próby na zginanie. Każda próbka umieszczona w maszynie wytrzymałościowej została obciążona w połowie swojej długości prostopadłe do przekroju promieniowego drewna, a następnie poprzez stopniowe zwiększanie obciążenia próbka ulegała złamaniu (zniszczeniu). Schemat procesu badawczego został przedstawiony na rysunku 4. Badanie przeprowadzono na próbkach – belkach (1) o wymiarach 500x10x10mm oraz 500x25x10mm.



Rys. 4. Schemat stanowiska do badania wytrzymałości na zginanie

Pomiary przekroju próbek wykonywano bezpośrednio przed oznaczaniem jej wytrzymałości, w połowie jej długości, z dokładnością do 0,1 mm. Belka była oparta na dwóch podporach (3) oddalonych od siebie o 400mm. Na rysunku 4 symbolem F jest oznaczone obciążenie zginające przenoszone na badaną belkę przy pomocy napory (2).

Tabela 4. Maksymalne obciążenie dla badanych próbek z drewna dębu

Gatunek drewna	Wymiary próbki	Próbki - stan wyjściowy	Nr próbki	Wilgotność [%]	Obciążenie [N]
Dąb	500x10x10		Próbki - stan wyjściowy	d1	9,5
		d2		10	162,68
		d3		10	156,8
		d4		11	164,64
		d5		10	159,74
Gatunek drewna	Wymiary próbki	Próbki wyjściowe	Nr próbki	Wilgotność [%]	Obciążenie [N]
Dąb	500x10x10		Próbki wyjściowe	d6	9,5
		d7		9,5	154,84
		d8		10	151,9
		d9		9,5	155,82
		d10		10	158,76
		Próbki po trzech godzinach w wodzie	d11	17,5	145,04
			d12	18	134,26
			d13	18,5	143,08
			d14	18,5	140,14
			d15	18	135,24
			d16	18	132,3
			d17	18	139,16
			d18	17,5	147
			d19	18,5	142,1
			d20	18	141,12
Próbki po dwunastu godzinach w wodzie	d21	27	119,56		
	d22	26	127,4		
	d23	26,5	122,5		
	d24	27	120,54		
	d25	26,5	115,64		
	d26	27	110,74		
	d27	26,5	126,42		
	d28	28	114,66		
	d29	26	123,48		
	d30	27	121,52		

$$R_{gw} = \frac{3P_g l}{2b \cdot h^2} [MPa] \quad (\text{wzór 1})$$

gdzie: R_{gw} – wytrzymałość na zginanie statyczne drewna o wilgotności W (%) w MPa, P_g – siła niszcząca w N, l – rozstaw podpór w mm, b – wymiar przekroju próbki w kierunku promieniowym w mm, h – wymiar przekroju próbki w kierunku statycznym w mm.

Tabela 5. Wytrzymałość na zginanie statyczne (R_g) próbki z drewna topoli

Nr próbki	Średnia wilgotność [%]	Siła max [N]	R_g [MPa]
t1	9	146,02	87,612
t2	9	148,96	89,376
t3	8,5	151,9	91,14
t4	9,5	144,06	86,436
t5	8,5	127,4	76,44
t6	9	142,1	85,26
t7	9	134,26	80,556
t8	8,5	138,18	82,908
t9	9	135,24	81,144
t10	8,5	139,16	83,496
t11	19	117,6	70,56
t12	19,5	120,54	72,324
t13	19	135,24	81,144
t14	18,5	122,5	73,5
t15	18	113,68	68,208
t16	18	116,62	69,972
t17	19	116,62	69,972

t18	19	115,64	69,384
t19	18,5	119,56	71,736
t20	18,5	121,52	72,912
t21	28	102,9	61,74
t22	28	94,08	56,448
t23	28,5	97,02	58,212
t24	27,5	96,04	57,624
t25	28	99,96	59,976
t26	27,5	101,92	61,152
t27	28	97,02	58,212
t28	28	98	58,8
t29	28	100,94	60,564
t30	28,5	93,1	55,86

W tabeli oznaczenia próbek od t1 do t10 oznaczają próbki wyjściowe, które podczas prób badawczych nie były w wodzie (stan wyjściowy), natomiast próbki od t11 do t20 to próbki, które przebywały w wodzie przez 3 godziny. Próbki po 12 godzinach przebywania w wodzie zostały ujęte w tabeli 5 od pozycji t21 do t30.

Tabela 6. Zestawienie zbiorczych wyników z przeprowadzonych w pracy badań wybranych drzewnych materiałów konstrukcyjnych w procesie zginania w aspekcie ich wilgotności

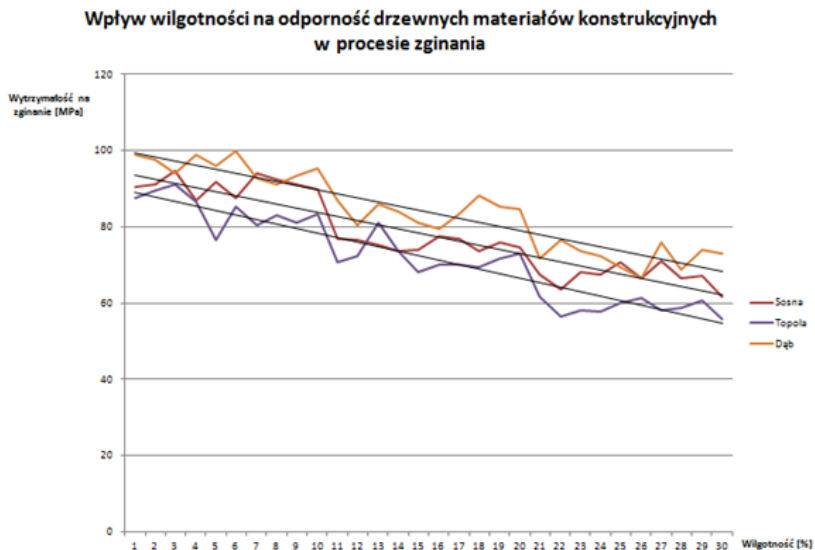
Gatunek drewna	Średnia wilgotność próbek [%]	Średnia wytrzymałość na zginanie [MPa]	Mediana	Minimum Rg [MPa]	Maksimum Rg [MPa]	Odchylenie standardowe
Sosna – stan wyjściowy 500x25x10	8,05	55,39	55,62	53,62	57,89	1,47
Sosna po 3h w wodzie 500x25x10	18,5	50,42	50,56	47,27	53,15	1,70

Sosna po 12h w wodzie 500x25x10	28,05	48,81	47,16	42,57	55,27	4,41
Topola – stan wyjściowy 500x10x10	8,72	84,44	84,38	76,44	91,14	4,44
Topola po 3h w wodzie 500x10x10	18,7	71,97	71,15	68,21	81,14	3,63
Topola po 12h w wodzie 500x10x10	28	58,86	58,51	55,86	61,74	1,97
Dąb – stan wyjściowy 500x10x10	9,9	95,78	95,55	91,14	99,96	2,93
Dąb po 3h w wodzie 500x10x10	18,05	83,97	84,38	79,38	88,2	2,86
Dąb po 12h w wodzie 500x10x10	26,75	72,15	72,62	66,44	76,44	3,16
Sosna – stan wyjściowy 500x10x10	8,25	89,75	91,14	87,02	94,69	2,45
Sosna po 3h w wodzie 500x10x10	18,7	75,51	75,56	73,5	77,62	1,53
Sosna po 12h w wodzie 500x10x10	27,4	67,73	67,32	61,74	71,74	2,84

3. Podsumowanie i wnioski

Badanie przeprowadzono na 120 próbkach, po 30 w każdym wybranym gatunku drewna i po 10 w każdym przedziale wilgotności dla każdego rodzaju badanego materiału. Z przeprowadzonych badań i z otrzymanych w ich trakcie wyników można stwierdzić, iż średnie wartości wytrzymałości na zginanie malały wraz ze wzrostem wilgotności materiału badanych próbek. Wpływ wilgotności drzewnych materiałów konstrukcyjnych na ich wytrzymałość w procesie zginania został ukazany zarówno w tabeli 6, ale także w postaci graficznej na rys. 5. Wykres przedstawia zmniejszającą się wytrzymałość na zginanie, badanych

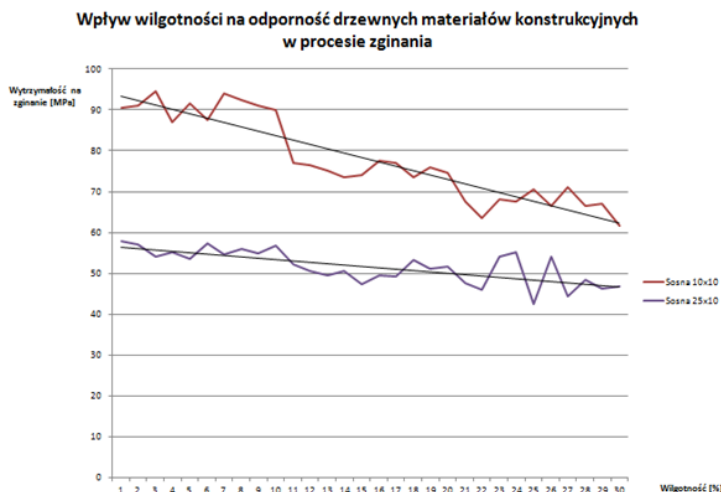
w pracy, wybranych gatunków drzewnych materiałów konstrukcyjnych wraz ze wzrostem ich wilgotności. Linie proste pokazują linie trendu spadku wytrzymałości na zginanie materiałów konstrukcyjnych wraz ze wzrostem ich wilgotności.



Rys. 5. Wpływ wilgotności materiału badanych próbek na ich odporność w procesie zginania statycznego

W warunkach przeprowadzonych badań najmniejszą wytrzymałość na zginanie wykazały próbki z drewna topoli (na rys.5 linia zaznaczona kolorem niebieskim). Próbki te wykazały się zmniejszeniem o ponad 32% średniej wytrzymałości na zginanie pomiędzy badanymi próbkami o średniej wilgotności 8,72% (próbki wyjściowe), a próbkami które przebywały w wodzie 12 h gdy wykazały swoją średnią wilgotność 28%. W warunkach przeprowadzonych badań był to największy średni spadek wytrzymałości próbek w procesie zginania. 12,88% wyniósł spadek średniej odporności na zginanie dla próbek z drewna sosny o przekroju 25x10 mm pomiędzy próbkami wyjściowymi o średniej wilgotności 8,05%, a próbkami po dwunastu godzinach przebywania w wodzie o średniej wilgotności 28,05%, natomiast dla próbek z tego samego materiału konstrukcyjnego, ale o wymiarach przekroju 10x10 mm pomiędzy próbkami wyjściowymi o średniej wilgotności 8,25%, a próbkami po dwunastu godzinach przebywania w wodzie o średniej wilgotności 27,4% spadek wytrzymałości na zginanie wyniósł 18,52%. W warunkach przeprowadzonych badań dla próbek sosny można stwierdzić, że wraz ze wzrostem przekroju próbek przy wzrastającej wilgotności, próbki te wykazują mniejszy spadek wytrzymałości w procesie zginania. W warunkach przeprowadzonych badań można stwierdzić, że wilgotność ma dużo większy wpływ na wytrzymałość próbek z tego samego materiału drzewnego lecz

o mniejszym przekroju. Ten aspekt przeprowadzonych badań w ocenie ich autorów należy w dalszych pracach nad tymi zagadnieniami zweryfikować o badania z wykorzystaniem kolejnych drzewnych materiałów konstrukcyjnych.



Rys. 6. Wpływ wilgotności materiału próbek z drewna sosny na ich odporność w procesie zginania przy zmianie wymiaru ich przekroju

W założonych przez autorów pracy warunkach eksperymentu największy spadek wytrzymałości w przedziale wilgotności od 8,25% do 18,7% wykazały próbki z drewna sosny, gdzie spadek wytrzymałości na zginanie zmniejszył się o 16%. Próbki topoli w zakresach wilgotności od 8,72% do 18,7%, a także od 18,7% do 28% zmniejszyły swoją średnią wytrzymałość na zginanie o 15% przy wzroście wilgotności do 18,7% oraz o 30% przy wzroście wilgotności do 28%. W przeprowadzonych badaniach był to największy spadek średniej wytrzymałości na zginanie w tym zakresie dla materiału badawczego wybranego przez autorów badań w procesie założonego eksperymentu.

Tabela 7. Procentowa wielkość spadku wytrzymałości badanych próbek w procesie zginania

Spadek wytrzymałości na zginanie [%]	Drewno topoli	Drewno dębu	Drewno sosny
Próbki po 3h przebywania w wodzie	15%	12%	16%
Próbki po 12h przebywania w wodzie	30%	25%	25%

Przeprowadzono także analizę wyników uzyskanych z badań a dotyczących spadku wytrzymałości na zginanie badanych próbek ze względu na ich czas przebywania w środowisku wodnym, to jest w czasie od trzech do dwunastu godzin. Średni wzrost wilgotności badanych materiałów w tym przedziale czasowym wzrósł od 18% do 28%. Wyniki z badań prób wytrzymałości na zginanie zostały przedstawione w tabeli 8.

Tabela 8. Procentowa wielkość spadku wytrzymałości badanych próbek w procesie zginania

Spadek wytrzymałości na zginanie [%]	Drewno topoli	Drewno dębu	Drewno sosny
po między 3h a 12h przebywania próbek w wodzie	18%	23%	11%

Największy spadek średniej wilgotności na zginanie próbek w analizowanym przedziale czasu przebywania materiału badawczego w środowisku wykazały próbki z drewna dębu, gdzie średni spadek wytrzymałości na zginanie wyniósł 23%. Po przeprowadzeniu zaplanowanych w pracy badań można stwierdzić znaczny spadek wytrzymałości badanych drzewnych materiałów konstrukcyjnych w procesie zginania pod wpływem zwiększonego oddziaływania wilgoci na materiał z którego wykonano próbki badawcze co w rezultacie prowadzi do ich mniejszej trwałości konstrukcyjnej. Należy więc stwierdzić, że badanie wilgotności podczas procesu wytwarzania konstrukcji z drzewnych materiałów konstrukcyjnych w świetle przeprowadzonych badań odgrywa istotną rolę i ma duży wpływ na ostateczną wytrzymałość poszczególnych jej elementów jak i całej konstrukcji w także na jej trwałość w czasie jej późniejszej eksploatacji.

Literatura

- [1] Jakubowicz A., Orłoś Z., *Wytrzymałość materiałów*, WNT, Warszawa 1997
- [2] Kokociński W., *Drewno. Pomiar właściwości fizycznych i mechanicznych*, Poznań 2004
- [3] Kozakiewicz P., Krzosek S.: *Inżynieria materiałów drzewnych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2013
- [4] Kozakiewicz P., *Materiały pomocnicze do ćwiczeń z fizyki drewna*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2005
- [5] Krzysik F., *Nauka o drewnie*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1978,
- [6] Lenik K., Korga S., Kalinowska-Ozgowicz E., *Determination of the frictional resistance in the model forming process by the finite element method*, TRIBOLOGIA, 2017, No. 5, p. 29–36
- [7] Lis A., Lis P., *Charakterystyka wytrzymałości drewna, jako jego podstawowej właściwości mechanicznej*, Budownictwo 19 Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej 169, 2013, s. 77–86
- [8] Norma PN-77/D-04103 *Drewno. Oznaczenia wytrzymałości na zginanie statyczne*
- [9] Talarkiewicz W., *Określanie właściwości drewna*, Instytut Technologii Eksploatacji, Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007
- [10] Żenczykowski W., *Budownictwo ogólne. Tom II. Materiały i wyroby budowlane*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1997

Rozwój oraz popularność e-sportu w Polsce

Słowa kluczowe: e-sport, gry komputerowe, sport elektroniczny

Streszczenie

W rozdziale omówiono kluczowe kwestie związane ze zjawiskiem e-sportu. Przedstawiono definicję sportu elektronicznego w odniesieniu do normatywnej definicji sportu, a także omówiono genezę oraz rozwój e-sportu. W oparciu o wyniki przeprowadzonych badań ankietowych podjęto próbę oceny popularności sportu elektronicznego w Polsce. Wyniki badań własnych oraz przeprowadzone studia literaturowe pozwoliły na określenie stopnia i zakresu znajomości zjawiska sportu elektronicznego przez Polaków oraz analizę polskiego rynku e-sportu w odniesieniu do danych ogólnoswiatowych.

1. Wstęp

Sport elektroniczny jest formą rywalizacji we wszelkich sieciowych grach elektronicznych. Najważniejszym elementem sportu elektronicznego jest forma rozgrywki wieloosobowej online. Dla osób, które nie miały styczności z tą formą rozrywki, zjawisko e-sportu może wydawać się jedynie formą „zabicia czasu”. Osoby te nie zdają sobie sprawy, jak ważną rolę odgrywa sport elektroniczny w e-gospodarce. Dla przykładu – Dota2 Intenational 2016 – jeden z największych turniejów gry Dota 2, zorganizowany przez firmę Valve, zgromadził łączną pulę nagród o wartości ponad dziewiętnastu milionów dolarów. Pięcioosobowe zespoły z całego świata rywalizowały o zdobycie trofeum – Egidy oraz otrzymanie ponad dziewięciu milionów dolarów za zdobycie pierwszego miejsca. Na tym samym turnieju, oprócz ustanowionego rekordu pod względem zgromadzonej puli nagród, został ustanowiony kolejny rekord – Syed "Sumail" Hassan, 16-letni gracz ze zwycięskiego zespołu EvilGeniuses ze Stanów Zjednoczonych otrzymał 2.4 miliona dolarów, stając się najmłodszym zwycięzcą turnieju e-sportowego na świecie.

¹ dr inż. Joanna Szulzyk-Cieplak, Politechnika Lubelska, Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, j.szulzyk-cieplak@pollub.pl

² mgr inż. Mateusz Wach, Politechnika Lubelska, Wydział Podstaw Techniki

Jak wskazują badania, e-Sport stanowi obecnie jedną z najbardziej rozwijających się gałęzi gier komputerowych [9]. Na całym świecie rozgrywane są turnieje, organizowane są profesjonalne ligi. Zmagania uczestników można oglądać bezpośrednio przez telebimy lub korzystając z sieci Internet. Oprócz tego, profesjonalni gracze oraz amatorzy – pasjonaci mają szansę na wypromowanie swoich umiejętności poprzez technologię streamowania – przekazywania obrazu i dźwięku z komputera, umożliwiając odbiorcom obserwowanie na żywo, bez potrzeby zapisywania wideo na dysku komputera. W Stanach Zjednoczonych i Chinach oraz od niedawna w Polsce, tworzone są profile "e-Sportowe" w szkołach, które cieszą się ogromną popularnością wśród uczniów i być może, w przyszłości – zawodowych graczy.

2. Czy e-sport to sport?

Sport elektroniczny jest nowym zjawiskiem nie znajdującym swojego terminu w słownikach. Przedrostek "e" stanowi informację o czynności dokonywanej przy użyciu mediów elektronicznych. Normatywna definicja sportu znajdująca się w Ustawie o sporcie z 25 czerwca 2010 r., art. 2 ust. 1 mówi o „wszelkich formach aktywności fizycznych, które przez uczestnictwo doraźne lub zorganizowane wpływają na wypracowanie lub poprawienie kondycji fizycznej i psychicznej, rozwój stosunków społecznych lub osiągnięcie wyników sportowych na wszelkich poziomach”. [7] W znowelizowanej w 2018 roku Ustawie o sporcie [6] rozszerzono podaną definicję o zapis „Za sport uważa się również współzawodnictwo oparte na aktywności intelektualnej, którego celem jest osiągnięcie wyniku sportowego”. W interpretacji Ministerstwa Sportu i Turystyki zmiany te „Mają być wyrazem doceniania poszczególnych sportów umysłowych, a także symbolicznym otwarciem się na środowisko tzw. esportu. Nowelizacja ustawy o sporcie nie zrównuje sportu tradycyjnego i tzw. sportu elektronicznego – daje natomiast większe możliwości w zakresie promowania i realizowania programów upowszechniających aktywność fizyczną wśród osób uprawiających sporty umysłowe, w tym tzw. esporty”. [10]

Wobec wszelkich problemów związanych z regulacjami odnośnie sportu elektronicznego, czy może on w ogóle być sportem w rozumieniu normatywnej definicji sportu? Zwolennicy sportów konwencjonalnych mówią, iż niemożliwe jest jednoznaczne określenie czy dana dziedzina sportu elektronicznego, ze względu na swoje cechy i formę może stanowić grono dyscyplin sportowych. W sporcie elektronicznym uczestnicy rywalizują między sobą przy użyciu gier komputerowych o ściśle określonych regułach, w których celem jest pokonanie innego gracza lub zespołu graczy. Rywalizacja ta obejmuje zarówno rozgrywkę przez sieć za pośrednictwem dostępu do Internetu, lub bezpośrednio przy jednym komputerze czy konsoli bez wykorzystywania Internetu.

Najbardziej szczegółową definicję sportu podaje M. Demel [2]. Wyróżnił on 7 cech, które muszą zostać spełnione aby dana dziedzina, dyscyplina mogła zostać uznana za sport.

Pierwszym warunkiem jest „niezależność bezpośrednich motywów od podstawowych potrzeb życiowych”. Warunek ten jest spełniony dla sportu elektronicznego, ponieważ gry wideo kojarzone są z formą rozrywki, odstresowaniem się, wykorzystywaniem wolnego czasu. Istnieje jednak powiązanie sportu oraz e-sportu w przypadkach, kiedy zawodowy gracz uznaje dyscyplinę, w której się specjalizuje za jedyne źródło utrzymania oraz wykorzystuje ją tylko do celów finansowych.

Drugim warunkiem są „dodatnie emocje towarzyszące postanowieniom i działaniom”. Warunek ten jest także spełniony dla sportu elektronicznego, ponieważ osoby korzystające z tej formy rozrywki z reguły pragną relaksu, odprężenia, odstresowania się i korzystają z niego dobrowolnie.

Trzecim warunkiem jest „brak materialnego faktu, który zawsze jest wynikiem pracy produkcyjnej”, który spełniony jest zarówno dla sportu konwencjonalnego

Czwartym warunkiem jest „ruchowy charakter działania z akcentem specjalistycznym”. Przeciwnicy sportu elektronicznego mogą twierdzić, iż ruchowy charakter działania podczas grania w gry komputerowe ma bardzo mało wspólnego z biegami przełajowymi, pływaniem, czy z rzutem młotem. Związane to jest z porównaniem angażujących się partii mięśni dla ogólnego rodzaju rywalizacji w sporcie konwencjonalnym i elektronicznym. Grając w gry wideo, użytkownik wykonuje tylko ruchy dłonią, palcem, nadgarstkiem do sterowania kontrolerem, natomiast np. pływacy angażują całe ciało i wszystkie partie mięśniowe. Warto jest przyjrzeć się zatem jednej z dyscyplin sportowych uznanej przez Międzynarodowy Komitet Olimpijski, jaką jest gra w szachy. W grze tej występują ruchy podobne co w grach wideo przy użyciu kontrolerów. Są również stosowane specjalne elektroniczne plansze do szachów, w których szachista werbalnie dokonuje ruchu pionków. Kolejnym przykładem może być strzelectwo – zawodnicy sportu konwencjonalnego wykorzystują do strzelania specjalnych karabinów pneumatycznych, natomiast zawodnicy sportu elektronicznego, specjalnych kontrolerów w formie tych samych karabinów pneumatycznych przy użyciu konsoli np. Nintendo Wii, dlatego warunek ten jest spełniony dla obu rodzajów sportu.

Piątym warunkiem jest „systematyczność w dążeniu do osiągnięcia maksymalnych wyników” z którym trudno się nie zgodzić w przypadku sportu elektronicznego.

Szóstym warunkiem jest „jaskrawy moment współzawodnictwa jako jeden z zasadniczych bodźców doskonalenia”, który jest również spełniony w obu przypadkach.

Ostatnim warunkiem jest „ściśle stosowanie się do przepisów określających normy sprzętu, warunki i formy ruchowe, co uniemożliwia wymierną i porównywalność wyników”. Warunek ten spełniony jest dla sportu elektronicznego,

bowiem za porównywanie wyników odpowiedzialny jest komputer, a szczególnie zaprogramowana gra wideo, która wyklucza ryzyko błędnych wyników. W przypadku sportu konwencjonalnego za porównywanie wyników odpowiedzialni są wyznaczeni sędziowie, jednakże występuje co raz większe ryzyko popełnienia błędu sędziowskiego co wpływa na końcowe wyniki.

Zatem skoro sport elektroniczny spełnia wszystkie warunki którym podlega sport konwencjonalny, należy uznać go również za dziedzinę sportu.

3. Geneza oraz rozwój e-sportu

Początki rozwoju sportu elektronicznego sięgają lat siedemdziesiątych XX wieku. Pierwsze elektroniczne zawody odbyły się w 1972 r. na Uniwersytecie Stanforda, na których uczestnicy rywalizowali w grze Spacewar – gra rodzaju „strzelanki” rozgrywanej się w kosmosie, która została stworzona przez czterech studentów w 1962 r. Steve Russel, amerykański programista i jeden z pionierów branży gier komputerowych zaprojektował Spacewar na komputery PDP-1 Gra ta jest uznawana za jedną z pierwszych gier wideo która kiedykolwiek powstała. Studenci zostali zaproszeni na „Intergalaktyczną olimpiadę”, w której główną nagrodą była roczna prenumerata magazynu Rolling Stone. Turniej odbywał się w trybie potyczki pięciosobowej (ang. *free-for-all*) oraz w trybie gry dwuosobowej. Kolejnym wielkim turniejem gier wideo był ogólnokrajowy The Space Invaders Championship zorganizowany przez firmę Atari w 1980 r. Wydarzenie to przyjmuje się za przełom w historii sportu elektronicznego. [4] W tym samym roku, Walter Day utworzył fundację TwinGalaxies, której celem była pomoc wypromowania gier wideo, śledzenie najlepszych graczy, zbieranie, oraz publikacja wyników poprzez Księgę Rekordów Guinnessa. Trzy lata później, w roku 1983 W.Day stworzył U.S. National Video Game Team – drużynę która brała udział w licznych turniejach gier wideo, oraz związana z organizacją samych turniejów, m.in. Video Game MastersTournament. W latach siedemdziesiątych – osiemdziesiątych organizowane turnieje gier wideo jak i sami zwycięzcy wzbudzali zainteresowanie popularnych stron internetowych oraz magazynów jak "Life" i "Time". W latach 1982-1984 powstał program telewizyjny pod tytułem "Starcade", w którym uczestnicy przez 133 odcinki osiągnęli jak najlepsze wyniki na popularnych grach na automatach. W latach dziewięćdziesiątych gry komputerowe zaczęły wykorzystywać łącza internetowe które w tym czasie zwiększały swoją przepustowość. Kolejnymi dużymi turniejami były rozegrane w 1990 r. Nintendo World Championships a następnie Blockbuster Video w porozumieniu z magazynem "GamePro". Pod koniec lat dziewięćdziesiątych zorganizowane zostały QuakeCon, Professional GamersLeague oraz Cyberathlete Professional League (CPL). Uczestnicy rywalizowali w następujących grach: Quake, Counter Strike oraz Warcraft, które cieszą się największą popularnością i kontynuacjami do dnia dzisiejszego.

Rok 1997 spowodował gwałtowny wzrost rozwoju sportu elektronicznego w Korei Południowej, kiedy władze, walcząc z kryzysem gospodarczym, udostępniły mieszkańcom szerokopasmową sieć Internetu. Wysoki stopień bezrobocia powodował, że Azjaci coraz częściej spędzali wolny czas w grach wideo. Modne stały się tzw. "PC Bang" – kafejki internetowe, w których doskonalone były umiejętności m.in. w grze "StarCraft". Rząd Korei Południowej, śledząc narastający sukces gier wideo utworzył w 2000 r. Koreańskie Stowarzyszenie e-sportu, który działał z ramienia Ministerstwa Kultury, Sportu i Turystyki. Celem było przede wszystkim szerzenie zjawiska sportu elektronicznego w kraju. Tym samym Koreański rząd znacznie wzbogacił się poprzez organizację e-Sportowych wydarzeń, krajowych turniejów, za śladem których poszły również inne państwa.

W 2003 r. miała miejsce premiera modyfikacji do gry wideo Warcraft 3 o nazwie Defense of the Ancients (DotA) stworzona przed projektanta IceFrog'a, której sequel, Dota 2 osiągnął rekord pod względem liczby grających jednocześnie osób, tj. milion graczy.

XXI wiek spowodował wzrost popularności sportu elektronicznego, oraz puli nagród turniejowych. W 2010 r. zorganizowanych zostało 260 turniejów na całym świecie, gdy dla porównania w 2000 r. było ich zaledwie dziesięć. Wiele wielkich turniejów, jak Major Gaming League, czy Intel Extreme Masters, który swój debiut miał w 2006 r. organizuje się do dnia dzisiejszego.

E-Sport może śmiało konkurować pod względem popularności z innymi, tradycyjnymi dyscyplinami sportowymi. Pasja e-sportowa nie jest połączona tylko i wyłącznie z graniem w gry komputerowe. Rozwój sportu elektronicznego w XXI wieku wyznaczył zupełnie nowe trendy w tym zakresie.

Wyniki badań zaprezentowane w artykule umieszczonym na stronie ESPN [9] wskazują, że ponad 205 milionów osób na świecie oglądało lub brało udział w rozgrywkach e-sportowych w 2014 r. Finały turniejów e-sportowych obejrzało łącznie 47 milionów osób – mniej oglądających miały tak popularne turnieje, jak turniej golfa Masters, czy finałów meczy koszykówki NBA.

Zawód „profesjonalnego gracza” daje możliwość życia na wysokim poziomie. Największy procent dochodów profesjonalnych graczy e-sportowych pochodzi z uczestnictwa w turniejach. Liderem wśród państw posiadających największe zarobki z turniejów e-sportowych są Chiny z dorobkiem 64,8 milionów dolarów. Za nimi uplasowały się USA (58,7 milionów dolarów) oraz Korea (51 milionów dolarów). Polska znalazła się na trzynastym miejscu w tym zestawieniu z dorobkiem 6,3 milionów dolarów. [8]

4. Metodologia badań własnych

Celem badań była ocena znajomości zjawiska e-Sportu w Polsce. Na potrzeby realizacji celu przeprowadzono badania ankietowe. Kwestionariusz ankiety składał się z 35-ciu pytań podzielonych na dwie sekcje. Pierwsza sekcja składała się z 19 pytań. Pytania były skierowane do wszystkich ankietowanych, niezależnie

od ich wiedzy odnośnie zagadnień esportowych. W sekcji tej zawarto m.in. pytania odnośnie: danych społeczno-demograficznych, ilości czasu poświęcanego grom komputerowym, znajomości pojęcia sportu elektronicznego oraz wiedzy na temat sportu elektronicznego jako potencjalnego źródła dochodów. Sekcja druga zawierała 16 bardziej szczegółowych pytań i przeznaczona była dla osób, którym pojęcie sportu elektronicznego jest dobrze znane. W sekcji tej pytania dotyczyły: okresu czasu, w jakim ankietowani grają w gry sieciowe, oceny stopnia umiejętności w odniesieniu do gier sieciowych, ewentualnej przyszłości zawodowej związanej z e-Sportem.

Badania posiadały charakter anonimowy, o którym wspomniano we wstępie do ankiety. Ankieta była dostępna do wypełnienia w wersji cyfrowej i rozpowszechniana była za pośrednictwem portali społecznościowych oraz forów internetowych o różnorodnej tematyce.

5. Wyniki badań oraz ich analiza

5.1. Struktura grupy badawczej

Badaniem objęto 1684 osoby z których 86 osób, a więc tylko 5,1% ogółu badanych stanowiły kobiety, a 1598 osób (94,9%) to mężczyźni. Różnica ta na pierwszy rzut oka może być spowodowana zupełnym brakiem zainteresowania tematyką e-Sportu wśród kobiet, pomimo tego, iż ankiety udostępniane były na forach o tematyce ogólnej.

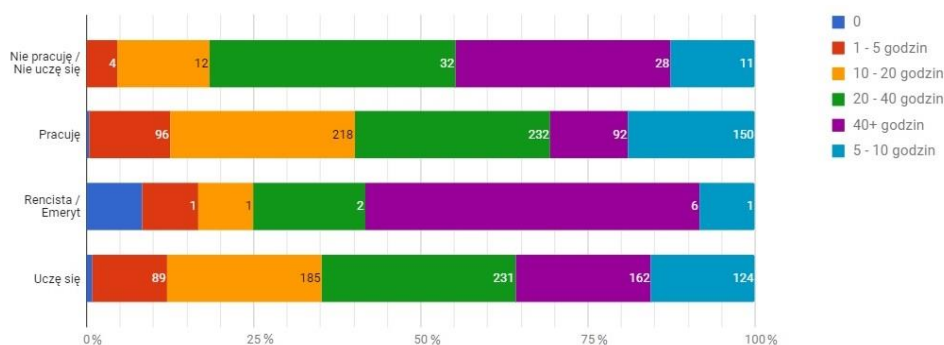
Tabela 1. Struktura ankietowanych z uwzględnieniem płci oraz wieku

Wiek	Płeć				Razem	
	Kobieta		Mężczyzna			
	Ilość	%	Ilość	%	Ilość	%
10 – 15 lat	3	3,5%	16	1%	19	1,1%
16 – 19 lat	19	22,1%	293	18,3%	312	18,5%
20 – 24 lat	31	36%	801	50,1%	832	49,4%
25 – 30 lat	23	26,7%	369	23,1%	392	23,3%
30+ lat	10	11,7%	119	7,5%	129	7,7%
Ogółem	86	100,00%	1598	100%	1684	100,00%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych

5.2. Czas poświęcany grom komputerowym, preferencje respondentów odnośnie form rozgrywek oraz sprzętu komputerowego

W erze postępu urządzeń elektronicznych gry komputerowe są jedną z najbardziej popularnych form rozrywki i spędzania wolnego czasu. Wyniki badań to potwierdzają – jedynie niespełna 1% ankietowanych nie poświęca w ogóle czasu na granie w gry. Respondenci najczęściej na grach spędzają od 20 do 40 godzin tygodniowo (29,4%). Na rysunku 1 zobrazowano zależność czasu poświęcanego grom komputerowym od statusu zawodowego respondentów. Porównując grupę respondentów uczących się i pracujących można stwierdzić, że obie te grupy spędzają porównywalne ilości czasu przy grach komputerowych, z wyjątkiem osób, które spędzają przy grach ponad 40 godzin tygodniowo – 20,5% ankietowanych uczących się oraz 11,7% ankietowanych pracujących. Renciści natomiast najczęściej przeznaczają grom komputerowym ponad 40 godzin tygodniowo (54,5%) w porównaniu do grupy osób nie pracujących lub nie uczących się, którzy najczęściej wskazywali odpowiedź „10 – 20 godzin tygodniowo” (36,8 %) oraz „40+ godzin tygodniowo” (32,2%).



Rys. 1. Czas ankietowanych poświęcony grom komputerowym z uwzględnieniem statusu zawodowego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych

Na pytanie: *Jakie Pani/Pan preferuje formy rozgrywek podczas korzystania z gier komputerowych?* większość ankietowanych (86%) odpowiedziała, że preferuje gry Multiplayer (wieloosobowe). Drugą pod względem popularności grupę (12,2%) stanowili ankietowani, którzy zaznaczyli opcję „Offline Singleplayer – wszelkie gry jednoosobowe nie wymagające dostępu do Internetu”. Jedynie 1,2% badanych wskazało na gry Online Singleplayer (wszelkie gry jednoosobowe wymagające dostęp do Internetu, np. gry wykorzystujące przeglądarkę internetową), a 0,6% przyznało się, że nie gra w gry w ogóle.

W badaniach zapytano respondentów o najczęściej wykorzystywany sprzęt elektroniczny do gier komputerowych. Najwięcej spośród ankietowanych (78,7%) za najbardziej popularne urządzenie wykorzystywane do gier wskazało komputer stacjonarny, natomiast 27,1% komputer przenośny (laptop).

5.3. Znajomość pojęcia sportu elektronicznego przez ankietowanych

Głównym problemem badawczym była odpowiedź na pytanie: *Czy Polakom znane jest zjawisko sportu elektronicznego i w jakim stopniu?* Wyniki odpowiedzi na pytanie zamknięte: *Czy spotkał się Pan/Pani z pojęciem sportu elektronicznego tzw. e-Sport* przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2. Znajomość pojęcia sportu elektronicznego przez ankietowanych z uwzględnieniem struktury płci

Znajomość pojęcia sportu elektronicznego	Płeć				Razem	
	Kobieta		Mężczyzna			
	Ilość	%	Ilość	%	Ilość	%
Nie słyszałem/am	3	3,5%	8	0,5%	11	0,7%
Przypadkiem o tym usłyszałem/am, ale bardzo mało wiem na ten temat	17	19,8%	142	8,9%	159	9,5%
Sporo wiem na ten temat, ale nie interesuje się na co dzień	37	43%	665	41,4%	702	41,5%
Interesuje się tym na co dzień	29	33,7%	783	49,2%	812	48,2%
Ogółem	86	100%	1598	100%	1684	100%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych

W przypadku kobiet tylko 3,5% (3 ankietowane) nie miało styczności z pojęciem sportu elektronicznego, natomiast w przypadku mężczyzn zaledwie 0,5% (8 ankietowanych). Dla większości ankietowanych kobiet (43%) pojęcie sportu elektronicznego nie jest obce, lecz nie interesują się one nim na co dzień. 33,7% ogółu kobiet odpowiedziało, że interesują się wiadomościami z życia e-Sportowego na co dzień. W przypadku grupy męskiej 41,4% ankietowanych mężczyzn sporo wie na temat e-Sportu, lecz nie interesuje się nim na co dzień, co jest zbieżne z ilością odpowiedzi zaznaczonych przez kobiety. Jednak, w odróżnieniu od kobiet Największą grupę wśród mężczyzn (49,2%) stanowiły osoby interesuje się zjawiskiem sportu elektronicznego na bieżąco, co stanowi wynik o 15% wyższy w odniesieniu do grupy żeńskiej.

Na pytanie zamknięte *Skąd dowiedział(a) się Pan/Pani o sporcie elektronicznym?* ankietowani jako główne źródło wiadomości wskazali artykuł lub film umieszczony w Internecie (78,7%). Drugą w kolejności grupę stanowią osoby które o e-sporcie dowiedziały się od przyjaciół (18,4%). Najmniej popularnym źródłem okazały się być artykuły w czasopismach tradycyjnych (drukowanych).

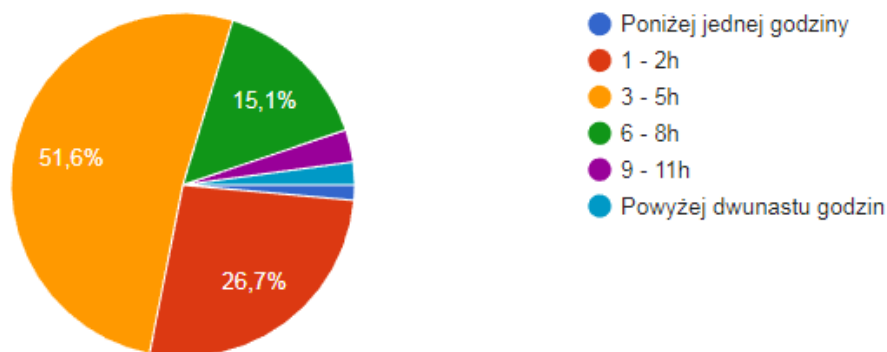
Na zakończenie pierwszej części kwestionariusza ankietowanym zostało zadane pytanie otwarte *Proszę opisać z czym dla Pani/Pana kojarzy się pojęcie e-Sportu*. Wszystkie odpowiedzi ankietowanych były zgodne z potoczną definicją sportu elektronicznego, a ankietowani najczęściej odpowiadali: rywalizacja, współzawodnictwo, gry komputerowe, z zawodowym graniem, z turniejami w grach komputerowych, z rywalizacją w świecie gier komputerowych na poziomie wyższym niż amatorski, z nowoczesną formą sportu.

5.4. Aktywność ankietowanych w środowisku e-sportowym

Druga część ankiety składała się z 15-tu pytań opisujących aktywność ankietowanych w środowisku e-Sportowym i przeznaczona była dla osób, które na gry komputerowe poświęcają min. 1 godzinę tygodniowo. W drugim etapie badań udział wzięło 80 kobiet oraz 1593 mężczyzn. Spośród tej grupy najwięcej osób (51,3%) określiło się mianem zaawansowanego gracza, a 20,7% zaznaczyło odpowiedź „jestem zaawansowanym graczem i staram się podchodzić do grania profesjonalnie”. Do profesjonalnego zaangażowania w rozgrywki e-sportowe przyznało się 2,5% ankietowanych.

Ponad 1/3 spośród osób biorących udział w II etapie badań ankietowych (35,5%) brało udział w organizowanych turniejach e-sportowych jako gracz. Najbardziej popularnymi turniejami wśród ankietowanych (18,8%) były turnieje lokalne online, czyli wszelkie turnieje rozgrywane „z domu”, na swoim stanowisku komputerowym, w mniejszym gronie uczestników, zazwyczaj przyjaciół. Kolejną pod względem popularności grupą według ankietowanych są turnieje lokalne offline (8,5%) – turnieje organizowane w specjalnie wyznaczonym do tego miejscu, np. kafejka internetowa. 8,9% ankietowanych brało udział w turniejach wojewódzkich lub państwowych – 5,9% online, a 3% offline, a 7,7% ankietowanych prezentowało swoje umiejętności na arenie światowej online. Ośmiu respondentów (0,4%) brało udział w najbardziej prestiżowych, międzynarodowych turniejach offline.

Na wykresie (rys. 2) przedstawiono wyniki badań odnośnie czasu jaki ankietowani spędzają podczas jednej sesji rozgrywek. Największą grupę (51,6%) stanowią ankietowani, którzy podczas jednej sesji grania spędzają przy komputerze od 3 do 5 godzin, natomiast drugą grupę pod względem liczebności (26,7%) stanowią osoby, które przy grach jednorazowo spędzają od jednej do dwóch godzin. Aż 21,7% ogółu ankietowanych odpowiedziało, że przy jednej sesji gry na komputerze spędzają powyżej sześciu godzin.



Rys. 2. Czas ankietowanych spędzany przy komputerze podczas jednej sesji rozgrywek

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych

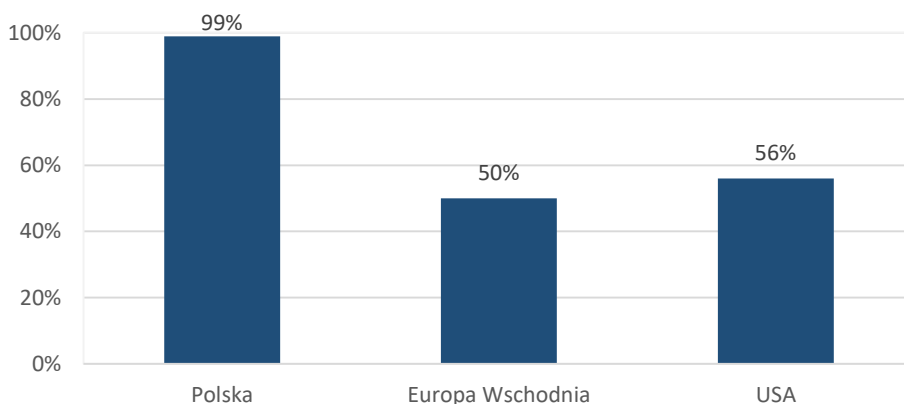
Wyniki badań dotyczące preferowanych gatunków gier sieciowych wskazują, że najbardziej popularnym gatunkiem jest MMO (masowe gry wieloosobowe, np. *World of Tanks*, czy *World of Warcraft*). Taką odpowiedź zaznaczyło 58,7% ogółu ankietowanych. Nieco mniej popularne są gry typu FPS, tzw. „strzelanki” (19%), MOBA – gry sieciowe arenowe, np. *Dota2*, *League of Legends* (17,9%). Najmniejszą popularnością wśród graczy cieszą się gry typu RPG (0,1%).

N pytanie wielokrotnego wyboru *Co skłania Cię do rozgrywki w gry sieciowe?* rozkład udzielonych odpowiedzi przedstawia się następująco: spędzanie wolnego czasu, zwyczajna zabawa – 81,5%, odstresowanie się – 54,9%, forma spędzania czasu ze znajomymi – 54,9%, rywalizacja, polepszanie swoich umiejętności – 47,3%, ucieczka od życiowych problemów – 25,1%, namowa przyjaciół – 8,9%, chęć odniesienia sukcesu na skalę światową – 7,7%.

5.5. Znajomość tematyki e-sportu w Polsce w odniesieniu do danych ogólnoswiatowych

Na rys. 3 przedstawiono wyniki badań odnośnie znajomości pojęcia sportu elektronicznego w Polsce, Europie Wschodniej i w USA. Analizy dokonano w oparciu o wyniki badań własnych oraz wyniki zaprezentowane w raporcie serwisu Newzoo [10]. Zaprezentowane na wykresie dane wskazują, że 56% ankietowanych z USA oraz 50% ankietowanych ze Europy Wschodniej wie czym jest sport elektroniczny. Na tym tle bardzo dobrze wypadła Polska, bowiem wyniki badań własnych wskazują, że aż 99 % spośród ankietowanych słyszało o pojęciu e-sportu. Jest to z pewnością zadowalający wynik i świadczy o dużej popularności sportu elektronicznego w Polsce. Jednak tak duża rozbieżność w wynikach badań może być spowodowana odmienną metodologią badań – w badaniach własnych wykorzystano ankietę internetową, co z pewnością zawężyło krąg respondentów, nie jest wiadome natomiast jak dobrano grupę

badawczą w badaniach zrealizowanych przez serwis Newzoo. Zaistniała różnica może wynikać także z określonego czasu, w którym przeprowadzono badania (okres 2014–2017). W ciągu trzech lat mógł bowiem nastąpić wzrost świadomości społeczeństwa w odniesieniu do tak prężnie rozwijającego się zjawiska jakim jest sport elektroniczny.



Rys. 3. Znajomość pojęcia sportu elektronicznego wśród ankietowanych w USA, Wschodniej Europie w porównaniu do wyników badań własnych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań własnych oraz danych z serwisu Newzoo [40]

W raporcie z serwisu Newzoo podano również informację, że przeciętny fan sportu elektronicznego ogląda zmagania e-sportowe 10 razy w miesiącu, po 2.2h w jednej sesji. [40] Wyniki przeprowadzonych w ramach pracy badań ankietowych wskazują, że w Polsce streamy zmagani e-sportowych oglądane są rzadziej, a oglądający przeznaczają najczęściej jednej sesji od 1 do 3 godzin.

6. Podsumowanie i wnioski

Uzyskane wyniki badań ankietowych oraz przeprowadzone studia literaturowe pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków szczegółowych:

1. Gry komputerowe są bardzo popularną formą aktywności wśród Polaków i jak wskazują wyniki badań poświęcają oni grom komputerowym średnio 20 godzin tygodniowo. Według większości ankietowanych jest to forma spędzania wolnego czasu oraz trening mający na celu polepszenie swoich umiejętności w rozgrywkach. Dla nastolatków jest to również ucieczka od problemów życiowych.
2. Polacy preferują gry wieloosobowe wymagające dostępu do Internetu, dzięki którym mogą spędzać czas wolny wspólnie z przyjaciółmi lub starać się o przyjęcie w poczet rozgrywek zawodowych.

3. Polakom znane jest zjawisko sportu elektronicznego i większość z nich interesuje się nim na co dzień. Źródłem, z którego czerpią wiadomości na temat e-Sportu w głównej mierze jest Internet, m.in. artykuły oraz filmy w nim zamieszczone.
4. Większość ankietowanych wskazało, że sport elektroniczny kojarzy im się z formą rywalizacji w grach komputerowych. Drugą najpopularniejszą grupą odpowiedzi były "ciężka praca" oraz „duże pieniądze”.
5. Ankietowani najczęściej wskazywali gry MMO, MOBA, oraz FPS za najbardziej popularne. Wszystkie typy, z wyjątkiem niektórych tytułów gier MOBA, skupiają się na rozgrywce, w której wymagana jest komunikacja z zespołem i współzawodnictwo. Ankietowani wskazywali również, że ich gry sieciowe rozgrywane są w gronie przyjaciół. Wyniki te pozwalają stwierdzić, że większość Polaków decyduje się na bezpośrednią rywalizację z innymi graczami w rozgrywkach sieciowych.
6. Większość ankietowanych nie brała udziału w organizowanych turniejach gier sieciowych. Osoby, które brały udział w takich eventach, najczęściej uczestniczyły w rozgrywkach wśród własnej grupy znajomych. Natomiast 128 ankietowanych (7,7%) uczestniczyło w profesjonalnych turniejach online na skalę światową, a 8 ankietowanych miało okazję być na wielkim ekranie i grać w głównym wydarzeniu.
7. Większość ankietowanych śledzi zmagania e-Sportowe już od kilku lat. Taki wynik może być powiązany z sukcesami polskiego zespołu Virtus Pro w grze Counter Strike na skalę światową, który zaczął odnosić większe sukcesy od 2014 roku.

Literatura

- [1] Andrejkovics Z., *The Invisible Game – Mindset of winning team*, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016
- [2] Demel M., *Teoria wychowania fizycznego*, PWN, Warszawa, 1970
- [3] Goldberg H., *The League of Legends Experience: A Year Inside The Wild, Wonderful, Riotous World Of The Planet's Most Popular eSport*, Harold Goldberg Publishing, 2015
- [4] Parkin S., *The Space Invader*, Dostęp: <https://www.newyorker.com/tech/elements/the-space-invader> (28.07.2017)
- [5] Wernio P., Flis M., Buraczyńska B., *Wirtualna rzeczywistość w grach komputerowych w ujęciu dokładności symulacji i odzwierciedlenia świata realnego* [w:] Młody inżynier XXI wieku [red.] Buraczyńska B., Kuczmazewska A., Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2018, s. 59-71
- [6] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 czerwca 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o sporcie Dz.U. 2018 poz. 1263

-
- [7] Ustawa z dnia 25 czerwca 2010 r. o sporcie, Dz.U 2010 nr 127 poz. 857
- [8] E-sports earnings.com, dostęp: <https://www.esportsearnings.com> (2.08.2017)
- [9] ESPN, Resistance is futile: eSports is massive ... and growing, Dostęp:http://www.espn.com/espn/story/_/id/13059210/esports-massive-industry-growing (05.10.2017)
- [10] <https://www.wirtualnemedial.pl/artykul/sejm-przyjal-nowelizacjeustawy-o-sporcie-do-definicji-wlaczono-sport-elektroniczny-symboliczne-otwarcie-na-srodowisko-esportu> (dostęp 10.10.2017)
- [11] Newzoo, Sizing and profiling esports popularity, dostęp: <https://newzoo.com/insights/articles/free-report-sizing-profiling-esports-popularity/> (15.10.2017)

Arkadiusz Urzędowski¹, Monika Flis²

Wpływ zamknięcia komory drukarki 3D na jakość wydruków

Słowa kluczowe: druk 3D, filament, komora drukarki 3D, skurcz materiału, komputerowe wspomaganie projektowania

Streszczenie

W rozdziale omówione zostały kluczowe zagadnienia dotyczące technologii druku addytywnego. Przybliżono jego historię i rozwój na przestrzeni lat. Scharakteryzowano rodzaje stosowanych tworzyw – filamentów, oraz szczegółowo omówiono właściwości dwóch najczęściej stosowanych materiałów: kopolimeru akrylonitrylo-butadieno-styrenowego (ABS) i polilaktydu [poli(kwas mlekowy)] (PLA). Pomimo właściwego ustawienia wszystkich parametrów, powszechnym zjawiskiem jest nadmierny skurcz modeli z materiału ABS w drukarkach desktopowych z otwartą komorą drukowania. Na potrzeby przeprowadzenia badań wykonana została konstrukcja zabudowy drukarki Monkeyfab Prime 3D, umożliwiająca kontrolę czasu wychładzania modelu w trakcie i po zakończeniu procesu drukowania. Przedstawione wyniki badań pozwoliły na porównanie właściwości wybranych materiałów: PLA i ABS, nakładanych zarówno w temperaturze pokojowej, jaki i tej – którą uzyskano wskutek zastosowania zamkniętej komory. Jakość wydruków 3D zależy od wielu czynników, w tym m.in. od konstrukcji drukarki, kalibracji i adhezji stołu, wartości temperatury głowicy i stołu, ustawień oprogramowania do cięcia modelu, stopnia skomplikowania modelu czy wybranego rodzaju tworzywa. Przeprowadzone badania laboratoryjne pozwoliły określić wpływ temperatury otoczenia i jej spadku w czasie, na jakość wydruków z różnych materiałów [2]. Na podstawie badań wyciągnięto wnioski pozwalające na uzyskanie lepszej jakości wydruku końcowego oraz wpływające na możliwą eliminację niepowodzeń podczas procesu drukowania.

1. Wstęp

1.1. Rys historyczny

Pierwszą prasę drukarską wynaleziono ok. 600 roku n.e. w Chinach, natomiast historia przemysłu poligraficznego w Europie sięga lat 40 XV wieku

¹ mgr inż. Arkadiusz Urzędowski, Politechnika Lubelska, Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, a.urzedowski@pollub.pl

² inż. Monika Flis, Politechnika Lubelska, Wydział Podstaw Techniki

i maszyny wynalezionej przez Johanna Gutenberga. W tym zestawieniu druk przestrzenny wydaje się być nową technologią, która wynaleziona i opatentowana została w 1986 r. przez Amerykanina Charlesa Hulla, założyciela firmy 3D System. Druk 3D (three-dimensional) w przestrzeni opisywanej przez geometrię euklidesową, wkrótce zyskał ogromną popularność. Pierwszą stosowaną metodą było budowanie modeli ze światłoutwardzalnej żywicy – stereolitografia (SLA), później wynaleziono selektywne spiekanie i topienie laserem (SLS, SLM), selektywne sklejanie, laminację, oraz najpopularniejszą technikę Fused Deposition Modeling. FDM polega na drukowaniu trwałych części z tworzyw termoplastycznych. W technologii tej stosuje się wiele rodzajów tworzyw, w tym najbardziej rozpowszechniony PLA (polilaktyd) – polimer należący do grupy poliestrów alifatycznych, wytwarzany m.in. z mączki kukurydzianej. Zawdzięcza on swoją popularność łatwości formowania i niewielkim skurczom w trakcie druku. Innym powszechnie stosowanym tworzywem jest ABS (kopolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy), charakteryzujący się znacznie lepszą udarnością, twardością oraz odpornością na zarysowania niż PLA.

1.2. Specyfikacja drukarki

Na potrzeby badań posłużono się drukarką Monkeyfab Prime 3D, która na co dzień wykorzystywana jest do celów naukowo – badawczych w Wydziale Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej. Drukarka ta jest pierwszym produktem firmy Monkeyfab, która założona została przez braci Twardo w 2012 r. w Warszawie. Drukarka charakteryzuje się nieskomplikowaną budową pozwalającą na wprowadzanie modyfikacji, oraz otwartym i bezpłatnym oprogramowaniem.

Drukarka ta umożliwiła wydrukowanie fizycznych obiektów na podstawie trójwymiarowych modeli cyfrowych. Wykorzystywana jest tu metoda FFF, czyli Fused Filament Fabrication. Polega na tworzeniu modelu 3D poprzez roztopienie filamentu w głowicy drukarki, a następnie nałożenie go na stół roboczy. Po pierwszej warstwie nakładana jest następna i kolejne, aż do momentu, w którym powstanie cały model. W tab. 1 przedstawiona została specyfikacja techniczna drukarki.

Celem przybliżenie tematyki związanej z metodologią druku 3D przedstawiono krótką charakterystykę wybranych pojęć z wymienianej tematyki.

G-code jest językiem zapisu zarówno dla urządzeń CNC jak i drukarek 3D. Jego wygenerowanie umożliwiają programy typu slicer (m.in. Cura czy KISSlicer) na podstawie wgranego modelu STL. Jest złożony z prostych poleceń przedstawiających ścieżkę prowadzącą do uzyskania konkretnego wyrobu. Najczęściej zapisywany jest w postaci tekstowej, pozwalającej na szybką modyfikację przy pomocy edytora tekstu.

Tabela 1. Specyfikacja techniczna drukarki Monkeyfab PRIME 3D

Mechanika		Elektronika	
Metoda druku	FFF	Zasilanie	100 – 230V 200 W
Pole robocze	200x200x200 mm	Pobór mocy	24 V DC 9,17 A
Rozdzielczość warstwy	Do 50 mikrometrów	Łączność	Karta SD, USB, ethernet
Średnica filamentu	1,75 mm	Wymiary fizyczne	
Max. prędkość druku	200 mm/s	Wymiary drukarki	43,5x39x39 cm
Max. prędkość ruchu	500 mm/s	Waga	10 kg
Oprogramowanie		Temperatura	
Pakiet oprogramowania	KISSlicer (zalecany), możliwość stosowania alternatywnego oprogramowania)	Temperatura otoczenia w trakcie pracy	15 – 30°C
Format plików	STL	Temperatura przechowywania	0 – 30°C
		Temperatura pracy dyszy	180 – 260°C
		Temperatura pracy podgrzewanego stołu	30 – 120°C

Źródło: opracowanie własne na podstawie Instrukcji obsługi drukarki PRIME 3D [1]

STL (ang. *stereolithography*) to format pliku utworzony przez firmę 3D Systems w 1989 roku, powszechnie wykorzystywany w metodach szybkiego prototypowania (ang. *rapid prototyping*). Jest to trójkątne przedstawienie geometrii powierzchni w przestrzeni 3D. Każda taka przestrzeń składa się z szeregu małych trójkątów, a każdy wierzchołek trójkąta opisują trzy punkty, które reprezentują ich położenie względem osi współrzędnych. Obecnie większość oprogramowania umożliwia zapis pliku w tym formacie.

Slicer to oprogramowanie umożliwiające przekształcenie modelu 3D na *.gcode, który jest obsługiwany przez drukarki 3D. Przy jego wykorzystaniu możliwa jest zmiana różnych parametrów wydruku, w tym prędkości, rodzaju i ilości wypełnienia, dodawanie podpór czy ustawianie temperatur zarówno głowicy jak i stołu drukarki. Przykładem takiego programu może być KISSlicer, Cura czy Slic3r.

1.3. Materiały eksploatacyjne

Pomimo, iż na rynku znajduje się coraz więcej materiałów kompozytowych pozwalających na uzyskanie różnych faktur (np. drewna, metalu) najczęściej wykorzystywanymi materiałami do drukowania modeli 3D są PLA i ABS.

Pierwszy z nich to polimer powstający z surowców naturalnych, dzięki czemu jest biodegradowany. Znalazł on zastosowanie głównie w dziedzinach biomedycznych oraz przy szybkim prototypowaniu, gdzie funkcjonalność odgrywa mniejszą rolę niż kształt i struktura. ABS to kopolimer wytwarzany na bazie ropy naftowej, co sprawia, że podczas jego uplastyczniania wydzielają się szkodliwe opary. Charakteryzuje go wyższa żywotność i odporność niż PLA, przez co znajduje zastosowanie głównie w przemyśle, m.in. do produkcji obudów, sprzętu sportowego.

Główną różnicą w wyglądzie między tymi dwoma filamentami jest struktura ich powierzchni. Materiał PLA po wydruku jest gładki i błyszczący, ABS bardziej matowy, o mniej intensywnych kolorach. W procesie druku PLA wymaga do uplastycznienia niższej temperatury oscylującej na poziomie 190°C– 220 °C, w przypadku ABS jest to 230°C - 270°C. Dokonując zmiany z jednego filamentu na drugi należy mieć na uwadze korektę ustawień slicera i odpowiednio zmniejszyć bądź zwiększyć temperaturę [5,8].



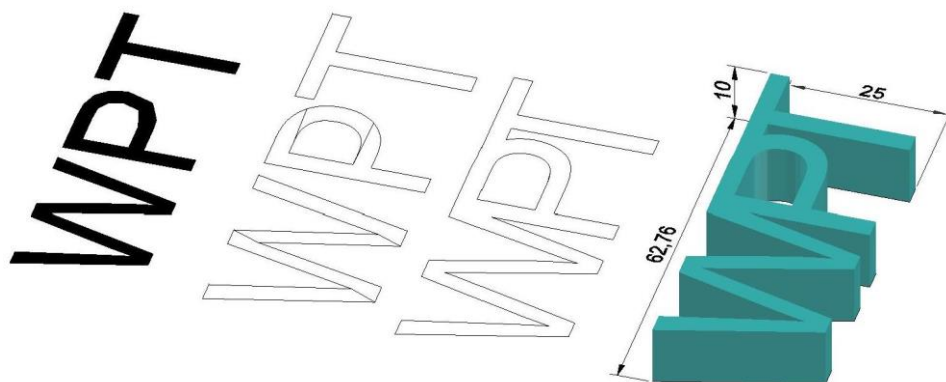
Rys. 1. Widok filamentów PLA oraz ABS
Źródło: opracowanie własne

2. Omówienie metodologii wydruków 3D

2.1. Metodologia wydruków trójwymiarowych

Rozpoczęcie procesu wydruku poprzedza modelowanie bryły 3D w wybranym narzędziu do komputerowego wspomaganie projektowania. W pracy wykorzystano programy Autodesk Inventor 2017, oraz Autodesk Autocad 2018. Na rysunku 2 przedstawiono kolejne etapy tworzenia przestrzennego napisu „WPT”. Pracę rozpoczęto od wpisania tekstu z wykorzystaniem narzędzia „tekst wielowierszowy”, który następnie został rozbity do krzywych parametrycznych

poleceniem „`txtexp`”. Posługując się narzędziami modyfikacji rysunku, tj. utnij, wydłuż, połącz, uzyskano zamkniętą polinię. Aby mieć pewność, że na podstawie danej figury uzyskany w wyniku wyciągnięcia obiekt będzie bryłą, zastosowano polecenie `region`. Tak przygotowany element poddany został operacji wyciągania prostego na wysokość 10 jednostek, a następnie wyeksportowany do rozszerzenia typu `*.stl` [4,9].



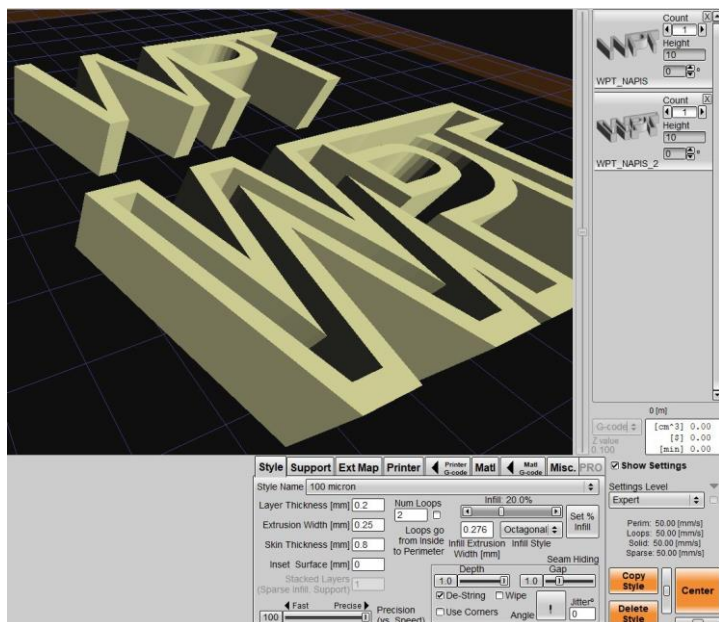
Rys. 2. Etapy tworzenia napisu „WPT”

Źródło: opracowanie własne

Przechodząc do wydruku 3D, konieczne jest posiadanie określonego oprogramowania, które umożliwi optymalne skonfigurowanie parametrów wydruku. Jednym z dostępnych programów jest KISSlicer, który w przypadku drukarki Monkeyfab Prime 3D, znajduje się na karcie microSD, umieszczonej w płycie głównej drukarki. Dostępny jest również bezpłatnie na stronie producenta, z możliwością wyboru różnych systemów operacyjnych. Nie wymaga instalacji, i gotowy jest do użycia od razu po wypakowaniu pliku KISSlicer.exe. Skonfigurowany pod drukarkę Monkeyfab Prime 3D, widok interfejsu programu przedstawiony został na rys. 3.

Oprogramowanie KISSLicer jest bardzo proste w użyciu, użytkownik ma do wyboru trzy poziomy zaawansowania: *Beginner*, *Medium* i *Expert*, przez co program automatycznie dostosowuje dostępne funkcje do jego umiejętności. Większość obecnych tam opcji nie jest wykorzystywana, a każda ingerencja bez ich znajomości może negatywnie wpłynąć na proces druku modelu 3D. Najczęściej modyfikowane opcje programu to:

- *Infill* – wypełnienie modelu, oscyluje od 0 do 100%, od niego jest zależna ilość zużytego materiału i czas drukowania modelu 3D. Możliwy jest także wybór rodzaju wypełnienia: *Straight* – w postaci prostych linii, *Octagonal* – wypełnienie ośmiokątami, *Rounded* – wypełnienie ośmiokątami z zaokrąglonymi krawędziami;



Rys. 3. Skonfigurowany widok programu KISSlicer

Źródło: opracowanie własne

- *Extrusion Width* – szerokość ścieżki, zależna od posiadanej dyszy;
- *Infill Extrusion Width* o wartości większej od *Extrusion Width*;
- *Layer Thickness* – wysokość warstwy zależna od średnicy dyszy;
- *Number of Loops* – liczba obrysów wykonanych dookoła modelu;
- *Support* – podpory ustawiane przy skomplikowanych modelach, przy zastosowaniu opcji *Raft Type* – *Grid* wykonywana jest dodatkowa powierzchnia pomiędzy stołem a modelem drukowanym. Często wybierana jest opcja *Skirt* rysująca na pierwszej warstwie obrys wokół modelu drukowanego, co pozwala na oczyszczenie dyszy drukarki przed wydrukiem właściwym;
- *Printer* – umożliwia zdefiniowanie ustawień drukarki, prędkości wydruków i ich precyzji;
- *Material* i *Ext Map* – pozwala na dobieranie ustawień dotyczących konkretnego materiału;
- *Printer G-code* – możliwość wpisania komend, dzięki którym drukarka wykonuje wybrane czynności przed (rys. 4) i po drukowaniu (rys. 5). Wybrane czynności przed drukowaniem wpisuje się w zakładkę *Prefix*.

```
M107           ; fan off
G28            ; home all axis
M140 S<BED>    ; bed heating
M109 S<TEMP+0> ; nozzle heating
```

Rys. 4. Komendy drukarki 3D umożliwiające jej prawidłowe rozpoczęcie

Źródło: Instrukcja obsługi drukarki PRIME3D [1]

Aby określić czynności, wykonywane przez drukarkę po zakończeniu procesu drukowania należy wpisać komendy do zakładki Postfix.

```
M140 S0       ; bed cooling
M109 S0       ; hotend cooling
G28 Y0        ; home Y axis
M84           ; disable motors
```

Rys. 5. Komendy drukarki 3D umożliwiające prawidłowe zakończenie jej pracy

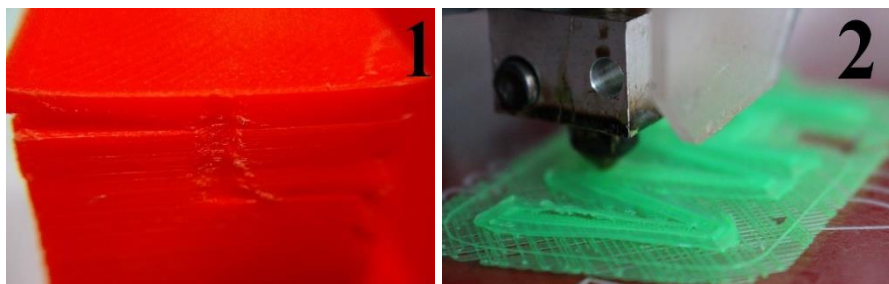
Źródło: Instrukcja obsługi drukarki PRIME3D [1]

Pozwala to na wysunięcie stołu i gotowego modelu, przez co rozpocznie się ich stygnięcie.

2.2. Czynniki mające wpływ na jakość wydruków

Na wygląd końcowy drukowanego modelu 3D ma wpływ bardzo wiele czynników. Aby uzyskać zadawalający efekt należy wziąć pod uwagę początkowe ustawienia zarówno drukarki jak i modelu drukowanego. Duży wpływ ma jej konstrukcja, m.in. właściwe skalibrowanie stołu roboczego. Część drukarek 3D posiada funkcję automatycznego kalibrowania stołu, są jednak również takie, gdzie należy zrobić to za pomocą odpowiednich narzędzi. Trzeba mieć także na uwadze, że nieodpowiednie skalibrowanie stołu może spowodować nieprzyklejanie się do niego wydruków bądź wygeneruje problemy na dalszym etapie drukowania (rys. 6).

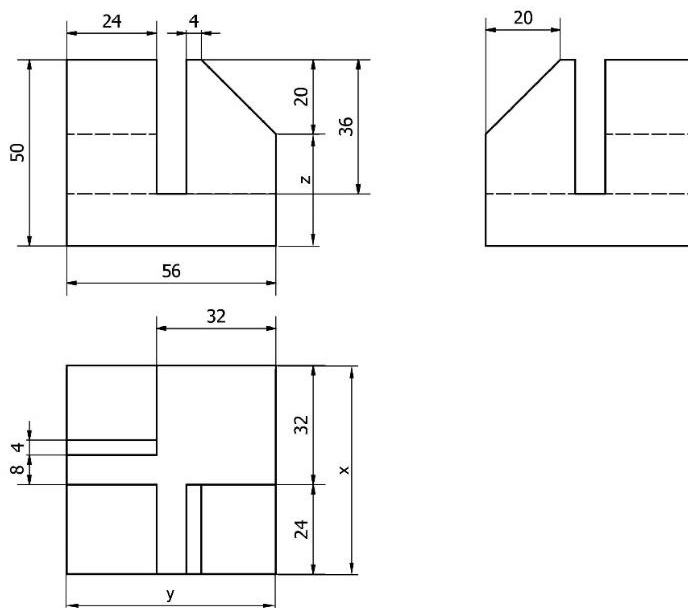
Bardzo duże znaczenie ma odpowiednie dobranie temperatur głowicy oraz stołu do wybranego rodzaju filamentu. Różne materiały mają zróżnicowane temperatury uplastyczniania się, co oznacza, że dla jednego filamentu dobrana temperatura może być właściwa, a przy innym nawet nie spowoduje jego uplastycznienia.



Rys. 6. 1 – Nieprawidłowości na dalszym etapie procesu drukowania, 2 – Odspojenie fragmentu wydruku od stołu grzewczego w początkowej fazie procesu drukowania

Źródło: opracowanie własne

Dużą rolę odgrywa także geometria modelu drukowanego. Przy wysokim poziomie skomplikowania konieczne może być zastosowanie podpór umożliwiających drukowanie fragmentów niemających stałego zamocowania. Mogą być one tworzone z takiego samego materiału co główny model, ale także ze specjalnych materiałów możliwych do rozpuszczenia w wodzie. Pozwala to na szybkie i bezinwazyjne usunięcie podpór tuż po zakończonym procesie drukowania [10].



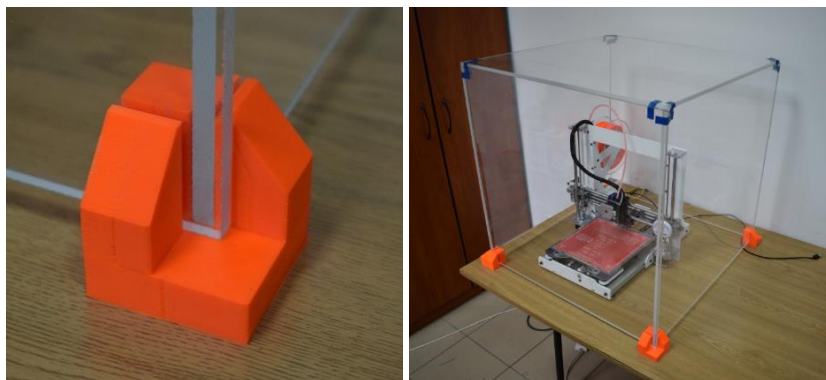
Rys. 7. Widok zwymiarowanego łącznika wykorzystanego przy tworzeniu komory

Źródło: opracowanie własne

W celu poprawy jakości druku wykonano komorę, pozwalającą na zamknięcie urządzenia i utrzymanie podwyższonej temperatury w obrębie modelu. Dzięki jej

zastosowaniu możliwa jest minimalizacja skurczów materiału drukowanych elementów powstających wskutek ich zbyt szybkiego wychładzania. Zjawisko to jest bardzo niekorzystne i występuje szczególnie przy wydrukach z materiału PLA, dla którego to ustawia się znacznie wyższe wartości temperatury stołu i głowicy grzejnej [3].

Komora wykonana została z pięciu elementów szkła akrylowego o wymiarach 60x60x8mm. Łączniki widoczne na rys. 8 wydrukowane zostały na podstawie autorskiego projektu z materiału ABS. Jeden z nich drukowany bez komory charakteryzuje się pewnymi niedoskonałościami, natomiast pozostałe trzy elementy powstające w złożonej wstępnie komorze, mają znacznie lepszą jakość. W ten sposób udało się uzyskać zestaw, umożliwiający łatwy demontaż i ponowny jego montaż w dowolnym miejscu. Planowane są wydruki kolejnych łączników górnych wierzchołków komory, oraz montaż systemu pozwalającego na regulację temperatury wewnątrz niej.



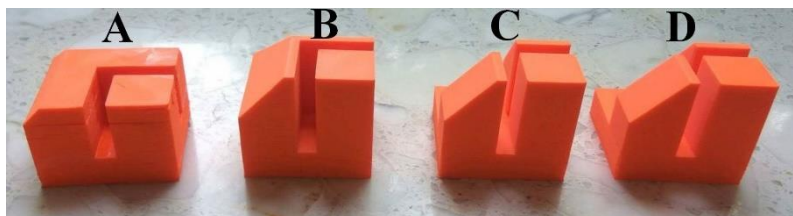
Rys. 8. Konstrukcja obudowy drukarki

Źródło: Fotografia autorstwa S. Piłat

3. Wyniki badań

Wyniki badań omówione i przeanalizowane zostały na podstawie modeli wydrukowanych łączników komory drukującej (rys. 8, 9), oraz trójwymiarowych napisów WPT (rys.10). W trakcie badań uzyskano podwyższoną temperaturę w komorze wskutek nagrzewania stołu i metalowej głowicy grzejnej, zwanej hotendem. Dzięki komorze wartość temperatury wokół modelu wzrosła nawet o 30°C względem otoczenia i była utrzymywana przez cały okres wydruku i wychładzania modelu. Zastosowane rozwiązanie pozwoliło na obserwację jakości otrzymywanych elementów drukowanych w i bez komory, z wykorzystaniem materiałów ABS – kolor pomarańczowy, oraz PLA – kolor zielony. Kopolimer akrylonitrylo-butadieno-styrenowy drukowany był zgodnie z zalecanymi przez producenta parametrami, i ustawionymi wartościami temperatury stołu na 95°C, oraz głowicy 225°C. Przy zadanych tak wysokich

parametrach udało się uzyskać temperaturę w komorze na poziomie 50°C. Dla poliaktydu, który ma niższą temperaturę topnienia, ustawiono głowicę na 195°C, oraz stół na 30°C.



Rys 9. Widok zastosowanych łączników do konstrukcji obudowy drukarki

Źródło: Fotografia autorstwa S. Piłat

W celu wydruku łączników zaprojektowano i wykonano modele w programie Autodesk Inventor 2017 (rys. 9), które następnie przekonwertowano z litografii (*.stl), do znormalizowanego języka zapisu poleceń dla urządzeń CNC (*.gcode) i wyeksportowano do drukarki. Wydrukowanym elementom przyporządkowano numerację A, B, C, D zgodnie z rys. 7. Jeden z łączników wydrukowany został w temperaturze pokojowej (rys. 9.A), natomiast pozostałe trzy (rys. 9.B, C, D) w złożonej jeszcze wówczas wstępnie, bez elementów łączących, komorze. Temperatura pokojowa panująca podczas wydruków w pomieszczeniu to 21°C, zatem różnica wartości temperatury otoczenia modeli wyniosła 29°C.

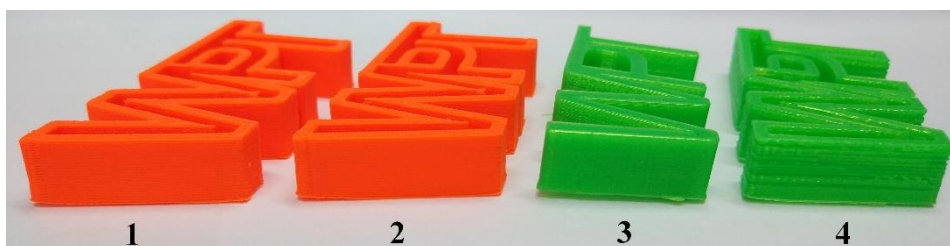
Tabela 2. Porównanie wymiarów elementu A wydrukowanego w temperaturze pokojowej i elementu B wydrukowanego w komorze

	Model 3D	A	B
X [mm]	56,00	55,75	55,68
Y [mm]	56,00	55,61	55,68
Z [mm]	30,00	29,77	29,54

Pomiaru wydruków dokonano z wykorzystaniem mikrometrów PROMA 0-25mm, 25-50mm, 50-75mm o dokładności do 0,01mm. Zebrano wartości wybranych wymiarów x, y, z (rys. 7) wydrukowanych łączników obudowy i zestawiono ze sobą. Odchyłki wymiarowe między modelami B, C, D były niewielkie i oscylowały w zakresie 0,01 – 0,03mm. Jako reprezentatywny dla grupy modeli drukowanych w komorze wybrano element B i w tab. 2 zestawiono jego wymiary z tymi, które odczytane zostały z modelu A. Różnice wymiarów wynikają m.in. z faktu wielu pęknięć elementu powstałych na skutek zbyt szybkiego wychładzania druku w temperaturze otoczenia, zmniejszając jednocześnie ich wytrzymałość i estetykę (rys. 6.1). Dla bryły B różnica wymiarów względem modelu 3D wyniosła zaledwie 0,07 mm dla długości x,

0,07mm dla długości y , 0,23mm dla długości z . Zestawienie to pozwala na stwierdzenie wpływu wartości temperatury na jakość wydruków z ABS i wskazanie modeli powstających w zamkniętej komorze jako tych, których wymiary najbardziej odpowiadają zaprojektowanemu elementowi.

Wydrukowane zostały również cztery modele pierwszych liter nazwy Wydziału Podstaw Techniki (rys. 10). W tym celu wykorzystano materiały ABS i PLA, a każdy z wydruków 3D powstawał zarówno w pokojowej, jak i w podwyższonej temperaturze uzyskanej wskutek zastosowania zamkniętej komory. Jakość otrzymanych modeli z wybranych materiałów różni się znacznie na korzyść ABS, które zachowały jednolitą strukturę powierzchni, bez widocznych ścieżek [6].



Rys. 10. 1 – Model napisu WPT wydrukowany z ABS w komorze, 2 – Model napisu WPT wydrukowany z ABS w temperaturze pokojowej, 3 – Model napisu WPT wydrukowany z PLA w komorze, 4 – Model napisu WPT wydrukowany z PLA w temperaturze pokojowej

Źródło: opracowanie własne

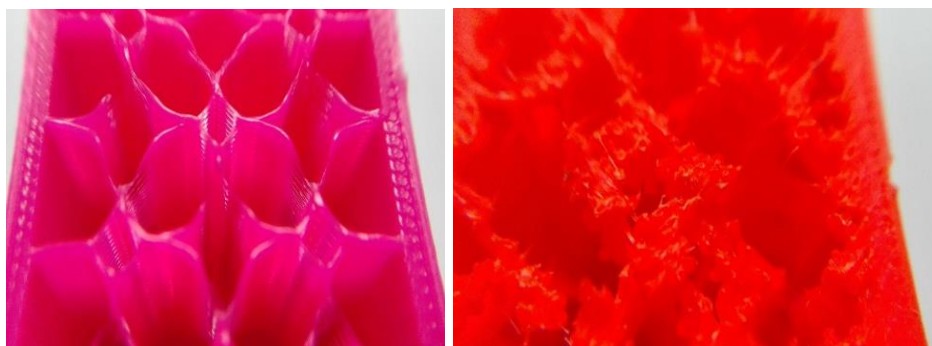
W materiale PLA występowało odspojenie fragmentów wydruków od stołu grzewczego w początkowej fazie procesu (rys. 6.2). Również każde kolejne przejście głowicy drukującej pozostawiało wyraźnie ślady ścieżek na powierzchni, bez względu na to czy model powstawał w komorze czy bez. Model z materiału ABS cechujący się jednolitą strukturą powierzchni nie ulegał odspojeniu od stołu, bez względu na wartość temperatury otoczenia wydruków. Za to korzystne zjawisko z pewnością odpowiadają wysokie parametry jakie zostały zadane dla stołu i głowicy grzejnej [7].

Tabela 3. Zestawienie odchyłek obmiarów w wydrukowanym modelu WPT

	Model 3D	1	2	3	4
H [mm]	10,00	9,81	9,84	10,11	10,25
W [mm]	30,00	29,46	29,51	30,01	30,03
L [mm]	62,76	62,55	62,62	62,56	62,81

Nie bez znaczenia w przypadku ABS jest wpływ zamkniętej komory drukującej, dzięki zastosowaniu której udało uzyskać się wymiary elementu najbardziej odpowiadające tym z wzorcowego modelu 3D. Zestawienie odchyłek obmiarów w wydrukowanym modelu WPT przedstawiono w tabeli 3.

Wymodelowano również sześcian o długości boku 20mm i zadanej strukturze wypełnienia, który wydrukowany został z materiałów ABS i PLA w temperaturze pokojowej (rys. 11). Proces druku przerwano jednak na wysokości 15mm w celu przedstawienia i porównania budowy wewnętrznej modelu wykonanego z obydwóch materiałów. Struktura PLA jest zwięzła, gładka i zgodna z zadanymi parametrami dla wypełnienia, natomiast ABS postrzępiona, chaotyczna i osłabiająca wytrzymałość elementów. Ta sama bryła wydrukowana w zamkniętej komorze z materiału ABS cechowała się regularnym kształtem wypełnienia, zgodnym z geometrią w modelu cyfrowym.



Rys. 11. Porównanie struktur wydruków z PLA i ABS

Źródło: Fotografie autorstwa S.Piłat

4. Podsumowanie i wnioski

Dzięki skonstruowaniu komory drukarki 3D i zastosowaniu różnych tworzyw, możliwe było zaprezentowanie wpływu temperatury otoczenia na jakość wydruków. Na podstawie obserwacji i pomiarów otrzymanych modeli, można wysunąć następujące wnioski:

- podczas wydruku z tworzywa ABS, w zamkniętej komorze drukowania, wskutek podwyższonej temperatury otoczenia modelu, zaobserwowano powstawanie jego jednolitej struktury powierzchni. Wydruk w temperaturze pokojowej prowadził do pęknięć i odpajania kolejnych warstw od stołu drukującego,
- wpływu temperatury na modele z materiału PLA nie sposób było zaobserwować sensorycznie, jednak pomiary modeli wskazują, iż dzięki zastosowaniu komory udało się uzyskać wymiary, które znacznie mniej

- odbiegały od rozmiarów modeli komputerowych, niż było to w przypadku modeli drukowanych w temperaturze otoczenia,
- wysoka temperatura otoczenia modeli wpłynęła pozytywnie na przyczepność materiału do stołu drukującego, zarówno w przypadku PLA, jak i ABS,
 - na jakość konstrukcji struktury wewnętrznej modeli wpływ temperatury jest znacznie większy w przypadków modeli z ABS, a nie stworzenie odpowiednich warunków o podwyższonej wartości temperatury może prowadzić do jej degradacji,
 - modele z PLA powstające w otwartej komorze drukowania, charakteryzują się nierównomierną strukturą powierzchni z wyraźnie zaznaczonymi przejściami głowicy drukującej przy nakładaniu kolejnych warstw,
 - Pomimo niewielkich odchyłek wymiarowych między elementami wydrukowanymi w komorze, a modelami 3D należy stwierdzić, iż uwzględnianie tych różnic w procesie modelowania jest niezbędne dla uzyskania geometrii o zadanych parametrach.

Badania doświadczalne w tym zakresie będą kontynuowane z wykorzystaniem materiałów, które dotychczas nie były stosowane przy wydrukach, tj.: rubber, PET czy nylon. Na dalszym etapie prac badawczych autorzy postarają się oszacować wielkości odchyłek powstających wskutek skurczu materiałów, które trzeba uwzględnić na etapie projektowania, aby otrzymywać wydruki o zadanych wymiarach w modelu.

Literatura

- [1] Instrukcja obsługi drukarki Monkeyfab: PRIME 3D
- [2] Korga S., Flis M., *Analiza najczęstszych niepowodzeń występujących podczas procesu druku addytywnego* [w:] Młody inżynier XXI wieku, [red:] Buraczyńska B., Kuczmazewska A., Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2018, s. 35–45
- [3] Korga S., Piłat S., *Modernizacja drukarki 3d poprzez rozwiązanie konstrukcyjne umożliwiające wydruk akrylonitrylo-butadieno-styrenu* [w:] Młody inżynier XXI wieku, [red:] Buraczyńska B., Kuczmazewska A., Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2018, s. 24–34
- [4] Paszeczko M., Latos A., *Analiza programu ROBOT jako narzędzia do modelowania konstrukcji inżynierskich na przykładzie wybranej konstrukcji*, [w:] Aspekty wizualne w edukacji szkolnej i akademickiej, [red:] Rarot H., Śniadkowski M., Politechnika Lubelska, Lublin, 2016, s.118–136
- [5] Ruszniak P., Józwik J., Dzedzic K., Ostrowski D., *Shearing strength test of orthopaedic titanium alloy screw produced in the process of 3D*

- printing technology*, ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL, 2017, Vol. 11, No. 1, nr 1, p. 128–137
- [6] Urzędowski A., Wójcicka – Migasiuk D., *Analysis of thermal properties and heat loss in construction and isothermal materials of multilayer building walls*, ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL, 2017, Vol. 11, No. 2, p. 33-37
- [7] Urzędowski A., Wójcicka – Migasiuk D., *Shaping of panel materials in light direction design*, ARCHIVES OF METALLURGY AND MATERIALS, 2016, Vol. 61, No. 2B, p. 941–945
- [8] Zgryza Ł., Raczyńska A., Paśnikowska – Łukaszuk M., *Thermovisual measurements of 3d printing of abs and pla filaments*, ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH JOURNAL, 2018, Vol. 12, No. 3
- [9] Zgryza Ł., Raczyńska A., Paśnikowska-Łukaszuk M., *Wykorzystanie narzędzi modelowania 3D oraz druku 3D w wizualizacji logotypu Wydziału Podstaw Techniki*, [w:] Młody inżynier XXI wieku, [red:] Buraczyńska B., Kuczmazewska A., Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2018, s. 16–23
- [10] Zozulia P., Pyshcheniuk N., Skyba M., Polishchuk O., Malec M., *General classification of 3D printing* [w:] Actual problems of modern science, [red:] Musiał J., Polishchuk O., Sorokaty R. – Khmelnytskyi. Ukraina: Khmelnytsky National University, 2017, s. 413–421

Wybrane aspekty bezpieczeństwa użytkowników systemów informatycznych

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, system informatyczny, SSD

Streszczenie

Pojęcie bezpieczeństwa systemów informatycznych opiera się m.in. na zaufaniu użytkowników. O wiarygodności systemu informatycznego można mówić w kontekście jego niezawodności, dyspozycyjności, zapewnienia ochrony danych i bezpieczeństwa dla otoczenia. Od 25 maja 2018 roku zaczęło obowiązywać nowe Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych (RODO). Nowe zasady zabezpieczania danych osobowych, mają znacznie poprawić bezpieczeństwo przetwarzania danych oraz doprowadzić do harmonizacji prawa w ramach UE. W artykule przedstawiono także wyniki przeprowadzonych badań trwałości przechowywanych danych na dyskach SSD.

1. Bezpieczeństwo systemów informatycznych

1.1. Definicje i kategorie bezpieczeństwa

Wprowadzenie do problematyki bezpieczeństwa użytkowników systemów komputerowych należy rozpocząć od zdefiniowania pojęć systemu informatycznego i bezpieczeństwa. Według Encyklopedii PWN system informatyczny, to zespół systemów komputerowych, sieci i oprogramowania, służący do przetwarzania informacji. [2] Natomiast system komputerowy stanowi sprzęt komputerowy i jego oprogramowanie rozumiane jako całość. [8]

System komputerowy jest bezpieczny, jeśli jego użytkownik może na nim polegać, a zainstalowane oprogramowanie działa zgodnie ze swoją specyfikacją. [3] Bezpieczeństwo jest jednym z elementów wiarygodności systemu komputerowego. Wyróżnia się następujące kategorie bezpieczeństwa systemów komputerowych. Dostępność/dyspozycyjność (ang. *availability*), czyli system i informacje mogą być osiągalne przez uprawnionego użytkownika w każdym czasie i w wymagany przez niego sposób. Poufność (ang. *confidentiality*) to ochrona informacji przed nieautoryzowanym jej ujawnieniem,

¹ dr inż. Michał Charlak, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska

informacje ujawniane są wyłącznie uprawnionym podmiotom i na potrzeby określonych procedur, w dozwolonych przypadkach i w dozwolony sposób. Nienaruszalność/integralność (ang. *data integrity*) ochrona informacji przed nieautoryzowanym jej zmodyfikowaniem. Niezaprzeczalność (ang. *nonrepudiation*) brak możliwości zaprzeczenia wysłania lub odebrania informacji. Niezawodność (ang. *reliability*) rozumiana jako odporność na awarie. Bezpieczeństwo (ang. *secure*) rozumiane jako zapewniający ochronę danych. Bezpieczeństwo (ang. *safe*) oznaczające bezpieczeństwo dla otoczenia. [3, 5, 10]

1.2. Przepięstwa komputerowe

Większość działań skierowanych przeciwko bezpieczeństwu komputerowemu jest w świetle prawa traktowana jako przestęstwa. Można wyróżnić w szczególności:

- włamanie do systemu komputerowego,
- nieuprawnione pozyskanie informacji,
- destrukcja danych i programów,
- sabotaż (sparaliżowanie pracy) systemu,
- piractwo komputerowe, kradzież oprogramowania,
- oszustwo komputerowe i fałszerstwo komputerowe,
- szpiegostwo komputerowe. [10]

Działania takie są traktowane w Kodeksie Karnym jako przestęstwa przeciwko ochronie informacji i jako przestęstwa przeciwko mieniu, co zostało zapisane w następujących artykułach:

Art. 267. § 1. Kto bez uprawnienia uzyskuje dostęp do informacji dla niego nieprzeznaczonej, otwierając zamknięte pismo, podłączając się do sieci telekomunikacyjnej lub przełamując albo omijając elektroniczne, magnetyczne, informatyczne lub inne szczególne jej zabezpieczenie, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do lat 2.

§ 2. Tej samej karze podlega, kto bez uprawnienia uzyskuje dostęp do całości lub części systemu informatycznego.

§ 3. Tej samej karze podlega, kto w celu uzyskania informacji, do której nie jest uprawniony, zakłada lub posługuje się urządzeniem podsłuchowym, wizualnym albo innym urządzeniem lub oprogramowaniem.

§ 4. Tej samej karze podlega, kto informację uzyskaną w sposób określony w § 1-3 ujawnia innej osobie.

Art. 268. § 1. Kto, nie będąc do tego uprawnionym, niszczy, uszkadza, usuwa lub zmienia zapis istotnej informacji albo w inny sposób udaremnia lub znacznie utrudnia osobie uprawnionej zapoznanie się z nią, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do lat 2.

§ 2. Jeżeli czyn określony w § 1 dotyczy zapisu na informatycznym nośniku danych, sprawca podlega karze pozbawienia wolności do lat 3.

§ 3. Kto, dopuszczając się czynu określonego w § 1 lub 2, wyrządza znaczną szkodę majątkową, podlega karze pozbawienia wolności od 3 miesięcy do lat 5.

Art. 268a. § 1. Kto, nie będąc do tego uprawnionym, niszczy, uszkadza, usuwa, zmienia lub utrudnia dostęp do danych informatycznych albo w istotnym stopniu zakłóca lub uniemożliwia automatyczne przetwarzanie, gromadzenie lub przekazywanie takich danych, podlega karze pozbawienia wolności do lat 3.

§ 2. Kto, dopuszczając się czynu określonego w § 1, wyrządza znaczną szkodę majątkową, podlega karze pozbawienia wolności od 3 miesięcy do lat 5.

Art. 269. § 1. Kto niszczy, uszkadza, usuwa lub zmienia dane informatyczne o szczególnym znaczeniu dla obronności kraju, bezpieczeństwa w komunikacji, funkcjonowania administracji rządowej, innego organu państwowego lub instytucji państwowej albo samorządu terytorialnego albo zakłóca lub uniemożliwia automatyczne przetwarzanie, gromadzenie lub przekazywanie takich danych, podlega karze pozbawienia wolności od 6 miesięcy do lat 8.

§ 2. Tej samej karze podlega, kto dopuszcza się czynu określonego w § 1, niszcząc albo wymieniając informatyczny nośnik danych lub niszcząc albo uszkadzając urządzenie służące do automatycznego przetwarzania, gromadzenia lub przekazywania danych informatycznych.

Art. 269a. Kto, nie będąc do tego uprawnionym, przez transmisję, zniszczenie, usunięcie, uszkodzenie, utrudnienie dostępu lub zmianę danych informatycznych, w istotnym stopniu zakłóca pracę systemu komputerowego lub sieci teleinformatycznej, podlega karze pozbawienia wolności od 3 miesięcy do lat 5.

Art. 269b. § 1. Kto wytwarza, pozyskuje, zbywa lub udostępnia innym osobom urządzenia lub programy komputerowe przystosowane do popełnienia przestępstwa określonego w art. 165 § 1 pkt 4, art. 267 § 3, art. 268a § 1 albo § 2 w związku z § 1, art. 269 § 2 albo art. 269a, a także hasła komputerowe, kody dostępu lub inne dane umożliwiające dostęp do informacji przechowywanych w systemie komputerowym lub sieci teleinformatycznej, podlega karze pozbawienia wolności do lat 3.

Art. 287. § 1. Kto, w celu osiągnięcia korzyści majątkowej lub wyrządzenia innej osobie szkody, bez upoważnienia, wpływa na automatyczne przetwarzanie, gromadzenie lub przekazywanie danych informatycznych lub zmienia, usuwa albo wprowadza nowy zapis danych informatycznych, podlega karze pozbawienia wolności od 3 miesięcy do lat 5. [4]

2. Rozporządzenie o ochronie danych RODO

2.1. Uzasadnienie wprowadzenia RODO

Od 25 maja 2018 roku w krajach należących do Unii Europejskiej zaczęło obowiązywać Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE (ogólne rozporządzenie o ochronie danych RODO). Rozporządzenie ma zastosowanie do przetwarzania danych osobowych w sposób całkowicie lub częściowo zautomatyzowany oraz do przetwarzania w sposób inny niż zautomatyzowany danych osobowych stanowiących część zbioru danych lub mających stanowić część zbioru danych.

Niniejsze rozporządzenie nie ma zastosowania do przetwarzania danych osobowych: a) w ramach działalności nieobjętej zakresem prawa Unii; b) przez państwa członkowskie w ramach wykonywania działań wchodzących w zakres tytułu V rozdział 2 TUE; c) przez osobę fizyczną w ramach czynności o czysto osobistym lub domowym charakterze; d) przez właściwe organy do celów zapobiegania przestępczości, prowadzenia postępowań przygotowawczych, wykrywania i ścigania czynów zabronionych lub wykonywania kar, w tym ochrony przed zagrożeniami dla bezpieczeństwa publicznego i zapobiegania takim zagrożeniom. [7]

Ochrona osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych jest jednym z praw podstawowych. Art. 8 ust. 1 Karty praw podstawowych Unii Europejskiej (zwanej dalej „Kartą praw podstawowych”) oraz art. 16 ust.1 Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE) stanowią, że każda osoba ma prawo do ochrony danych osobowych jej dotyczących.

Zasady i przepisy dotyczące ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem ich danych osobowych nie mogą – niezależnie od obywatelstwa czy miejsca zamieszkania takich osób – naruszać ich podstawowych praw i wolności, w szczególności prawa do ochrony danych osobowych. Niniejsze rozporządzenie ma na celu przyczyniać się do tworzenia przestrzeni wolności, bezpieczeństwa i sprawiedliwości oraz unii gospodarczej, do postępu społeczno-gospodarczego, do wzmacniania i konwergencji gospodarek na rynku wewnętrznym, a także do pomyślności ludzi.

Celem dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 95/46/WE (4) jest zharmonizowanie ochrony podstawowych praw i wolności osób fizycznych w związku z czynnościami przetwarzania oraz zapewnienie swobodnego przepływu danych osobowych między państwami członkowskimi.

Szybki postęp techniczny i globalizacja przyniosły nowe wyzwania w dziedzinie ochrony danych osobowych. Skala zbierania i wymiany danych osobowych znacząco wzrosła. Dzięki technologii zarówno przedsiębiorstwa prywatne, jak i organy publiczne mogą na niespotykaną dotąd skalę

wykorzystywać dane osobowe w swojej działalności. Osoby fizyczne coraz częściej udostępniają informacje osobowe publicznie i globalnie. Technologia zmieniła gospodarkę i życie społeczne i powinna nadal ułatwiać swobodny przepływ danych osobowych w Unii oraz ich przekazywanie do państw trzecich i organizacji międzynarodowych, równocześnie zaś powinna zapewniać wysoki stopień ochrony danych osobowych.

Przemiany te wymagają stabilnych, spójniejszych ram ochrony danych w Unii oraz zdecydowanego ich egzekwowania, gdyż ważna jest budowa zaufania, które pozwoli na rozwój gospodarki cyfrowej na rynku wewnętrznym. Osoby fizyczne powinny mieć kontrolę nad własnymi danymi osobowymi. Osoby fizyczne, podmioty gospodarcze i organy publiczne powinny zyskać większe poczucie pewności prawa i jego stosowania w praktyce.

Ochrona zapewniana niniejszym rozporządzeniem powinna mieć zastosowanie do osób fizycznych – niezależnie od ich obywatelstwa czy miejsca zamieszkania – w związku z przetwarzaniem ich danych osobowych. Niniejsze rozporządzenie nie dotyczy przetwarzania danych osobowych dotyczących osób prawnych, w szczególności przedsiębiorstw będących osobami prawnymi, w tym danych o firmie i formie prawnej oraz danych kontaktowych osoby prawnej.

Aby zapobiec poważnemu ryzyku obchodzenia prawa, ochrona osób fizycznych powinna być neutralna pod względem technicznym i nie powinna zależeć od stosowanych technik. Ochrona osób fizycznych powinna mieć zastosowanie do zautomatyzowanego przetwarzania danych osobowych oraz do przetwarzania ręcznego, jeżeli dane osobowe znajdują się lub mają się znaleźć w zbiorze danych. Zbiory lub zestawy zbiorów oraz ich strony tytułowe, które nie są uporządkowane według określonych kryteriów nie powinny być objęte zakresem niniejszego rozporządzenia. [7]

2.2. Definicje wprowadzone w Rozporządzeniu

Na użytek rozporządzenia wprowadzono m.in. następujące definicje. „Dane osobowe” oznaczają informacje o zidentyfikowanej lub możliwej do zidentyfikowania osobie fizycznej („osobie, której dane dotyczą”); możliwa do zidentyfikowania osoba fizyczna to osoba, którą można bezpośrednio lub pośrednio zidentyfikować, w szczególności na podstawie identyfikatora takiego jak imię i nazwisko, numer identyfikacyjny, dane o lokalizacji, identyfikator internetowy lub jeden bądź kilka szczególnych czynników określających fizyczną, fizjologiczną, genetyczną, psychiczną, ekonomiczną, kulturową lub społeczną tożsamość osoby fizycznej.

Dane osobowe muszą być przechowywane w formie umożliwiającej identyfikację osoby, której dane dotyczą, przez okres nie dłuższy, niż jest to niezbędne do celów, w których dane te są przetwarzane; dane osobowe można przechowywać przez okres dłuższy, o ile będą one przetwarzane wyłącznie do celów archiwalnych w interesie publicznym, do celów badań naukowych lub historycznych lub

do celów statystycznych na mocy art. 89 ust. 1, z zastrzeżeniem że wdrożone zostaną odpowiednie środki techniczne i organizacyjne wymagane na mocy niniejszego rozporządzenia w celu ochrony praw i wolności osób, których dane dotyczą („ograniczenie przechowywania”). Zgodnie z Rozporządzeniem dane osobowe muszą być przetwarzane w sposób zapewniający odpowiednie bezpieczeństwo danych osobowych, w tym ochronę przed niedozwolonym lub niezgodnym z prawem przetwarzaniem oraz przypadkową utratą, zniszczeniem lub uszkodzeniem, za pomocą odpowiednich środków technicznych lub organizacyjnych („integralność i poufność”).

„Przetwarzanie” oznacza operację lub zestaw operacji wykonywanych na danych osobowych lub zestawach danych osobowych w sposób zautomatyzowany lub niezautomatyzowany, taką jak zbieranie, utrwalanie, organizowanie, porządkowanie, przechowywanie, adaptowanie lub modyfikowanie, pobieranie, przeglądanie, wykorzystywanie, ujawnianie poprzez przesłanie, rozpowszechnianie lub innego rodzaju udostępnianie, dopasowywanie lub łączenie, ograniczanie, usuwanie lub niszczenie.

Przetwarzanie danych osobowych należy zorganizować w taki sposób, aby służyło ludzkości. Prawo do ochrony danych osobowych nie jest prawem bezwzględny; należy je postrzegać w kontekście jego funkcji społecznej i wyważyć względem innych praw podstawowych w myśl zasady proporcjonalności. Niniejsze rozporządzenie nie narusza praw podstawowych, wolności i zasad uznanych w Karcie praw podstawowych – zapisanych w Traktatach – w szczególności prawa do poszanowania życia prywatnego i rodzinnego, domu oraz komunikowania się, ochrony danych osobowych, wolności myśli, sumienia i religii, wolności wypowiedzi i informacji, wolności prowadzenia działalności gospodarczej, prawa do skutecznego środka prawnego i dostępu do bezstronnego sądu oraz różnorodności kulturowej, religijnej i językowej.

Przetwarzanie jest zgodne z prawem, gdy osoba, której dane dotyczą wyraziła zgodę na przetwarzanie swoich danych osobowych w jednym lub większej liczbie określonych celów lub przetwarzanie jest niezbędne do wykonania umowy, której stroną jest osoba, której dane dotyczą, lub do podjęcia działań na żądanie osoby, której dane dotyczą, przed zawarciem umowy. Osoba, której dane dotyczą, ma prawo w dowolnym momencie wycofać zgodę. Wycofanie zgody nie wpływa na zgodność z prawem przetwarzania, którego dokonano na podstawie zgody przed jej wycofaniem. Osoba, której dane dotyczą, jest o tym informowana, zanim wyrazi zgodę. Wycofanie zgody musi być równie łatwe jak jej wyrażenie. W przypadku usług społeczeństwa informacyjnego oferowanych bezpośrednio dziecku, zgodne z prawem jest przetwarzanie danych osobowych dziecka, które ukończyło 16 lat. Jeżeli dziecko nie ukończyło 16 lat, takie przetwarzanie jest zgodne z prawem wyłącznie w przypadkach, gdy zgodę wyraziła lub zaaprobowała ją osoba sprawująca władzę rodzicielską lub opiekę nad dzieckiem oraz wyłącznie w zakresie wyrażonej zgody. Osoba, której dane dotyczą, ma prawo żądania od administratora niezwłocznego sprostowania dotyczących jej danych

osobowych, które są nieprawidłowe. Z uwzględnieniem celów przetwarzania, osoba, której dane dotyczą, ma prawo żądania uzupełnienia niekompletnych danych osobowych, w tym poprzez przedstawienie dodatkowego oświadczenia. Osoba, której dane dotyczą, ma prawo żądania od administratora niezwłocznego usunięcia dotyczących jej danych osobowych, a administrator ma obowiązek bez zbędnej zwłoki usunąć dane osobowe.

„Ograniczenie przetwarzania” oznacza oznaczenie przechowywanych danych osobowych w celu ograniczenia ich przyszłego przetwarzania.

„Profilowanie” oznacza dowolną formę zautomatyzowanego przetwarzania danych osobowych, które polega na wykorzystaniu danych osobowych do oceny niektórych czynników osobowych osoby fizycznej, w szczególności do analizy lub prognozy aspektów dotyczących efektów pracy tej osoby fizycznej, jej sytuacji ekonomicznej, zdrowia, osobistych preferencji, zainteresowań, wiarygodności, zachowania, lokalizacji lub przemieszczania się.

„Pseudonimizacja” oznacza przetworzenie danych osobowych w taki sposób, by nie można ich było już przypisać konkretnej osobie, której dane dotyczą, bez użycia dodatkowych informacji, pod warunkiem że takie dodatkowe informacje są przechowywane osobno i są objęte środkami technicznymi i organizacyjnymi uniemożliwiającymi ich przypisanie zidentyfikowanej lub możliwej do zidentyfikowania osobie fizycznej.

„Zbiór danych” oznacza uporządkowany zestaw danych osobowych dostępnych według określonych kryteriów, niezależnie od tego, czy zestaw ten jest scentralizowany, zdecentralizowany czy rozproszony funkcjonalnie lub geograficznie.

„Administrator” oznacza osobę fizyczną lub prawną, organ publiczny, jednostkę lub inny podmiot, który samodzielnie lub wspólnie z innymi ustala cele i sposoby przetwarzania danych osobowych; jeżeli cele i sposoby takiego przetwarzania są określone w prawie Unii lub w prawie państwa członkowskiego, to również w prawie Unii lub w prawie państwa członkowskiego może zostać wyznaczony administrator lub mogą zostać określone konkretne kryteria jego wyznaczania.

„Zgoda” osoby, której dane dotyczą oznacza dobrowolne, konkretne, świadome i jednoznaczne okazanie woli, którym osoba, której dane dotyczą, w formie oświadczenia lub wyraźnego działania potwierdzającego, przyzwala na przetwarzanie dotyczących jej danych osobowych.

Zgoda powinna być wyrażona w drodze jednoznacznej, potwierdzającej czynności, która wyraża odnoszące się do określonej sytuacji dobrowolne, świadome i jednoznaczne przyzwolenie osoby, których dane dotyczą, na przetwarzanie dotyczących jej danych osobowych i która ma na przykład formę pisemnego (w tym elektronicznego) lub ustnego oświadczenia. Może to polegać na zaznaczeniu okienka wyboru podczas przeglądania strony internetowej, na wyborze ustawień technicznych do korzystania z usług społeczeństwa informacyjnego lub też na innym oświadczeniu bądź zachowaniu, które w danym kontekście jasno wskazuje,

że osoba, której dane dotyczą, zaakceptowała proponowane przetwarzanie jej danych osobowych. Milczenie, okienka domyślnie zaznaczone lub niepodjęcie działania nie powinny zatem oznaczać zgody. Zgoda powinna dotyczyć wszystkich czynności przetwarzania dokonywanych w tym samym celu lub w tych samych celach. Jeżeli przetwarzanie służy różnym celom, potrzebna jest zgoda na wszystkie te cele. Jeżeli osoba, której dane dotyczą, ma wyrazić zgodę w odpowiedzi na elektroniczne zapytanie, zapytanie takie musi być jasne, zwięzłe i nie zakłócać niepotrzebnie korzystania z usługi, której dotyczy.

„Naruszenie ochrony danych osobowych” oznacza naruszenie bezpieczeństwa prowadzące do przypadkowego lub niezgodnego z prawem zniszczenia, utracenia, zmodyfikowania, nieuprawnionego ujawnienia lub nieuprawnionego dostępu do danych osobowych przesyłanych, przechowywanych lub w inny sposób przetwarzanych.

„Organ nadzorczy” oznacza niezależny organ publiczny ustanowiony przez państwo członkowskie zgodnie z art. 51. [7]

2.3. Wykluczenia zastosowania Rozporządzenia

Niniejsze rozporządzenie nie ma zastosowania do przetwarzania danych osobowych przez osobę fizyczną w ramach działalności czysto osobistej lub domowej, czyli bez związku z działalnością zawodową lub handlową. Działalność osobista lub domowa może między innymi polegać na korespondencji i przechowywaniu adresów, podtrzymywaniu więzi społecznych oraz działalności internetowej podejmowanej w ramach takiej działalności. Niniejsze rozporządzenie ma jednak zastosowanie do administratorów lub podmiotów przetwarzających, którzy udostępniają środki przetwarzania danych osobowych na potrzeby takiej działalności osobistej lub domowej.

Zasady ochrony danych nie powinny więc mieć zastosowania do informacji anonimowych, czyli informacji, które nie wiążą się ze zidentyfikowaną lub możliwą do zidentyfikowania osobą fizyczną, ani do danych osobowych zanonimizowanych w taki sposób, że osób, których dane dotyczą, w ogóle nie można zidentyfikować lub już nie można zidentyfikować. Niniejsze rozporządzenie nie dotyczy więc przetwarzania takich anonimowych informacji, w tym przetwarzania do celów statystycznych lub naukowych.

Pseudonimizacja danych osobowych może ograniczyć ryzyko dla osób, których dane dotyczą, oraz pomóc administratorom i podmiotom przetwarzającym wywiązać się z obowiązku ochrony danych. Tym samym bezpośrednie wprowadzenie pojęcia „pseudonimizacja” w niniejszym rozporządzeniu nie służy wykluczeniu innych środków ochrony danych.

Osobom fizycznym mogą zostać przypisane identyfikatory internetowe – takie jak adresy IP, identyfikatory plików cookie – generowane przez ich urządzenia, aplikacje, narzędzia i protokoły, czy też inne identyfikatory, generowane na przykład przez etykiety RFID. Może to skutkować zostawianiem śladów, które

w szczególności w połączeniu z unikatowymi identyfikatorami i innymi informacjami uzyskiwanymi przez serwery mogą być wykorzystywane do tworzenia profili i do identyfikowania tych osób. [7]

2.4. Dane osobowe dotyczące zdrowia

Do danych osobowych dotyczących zdrowia należy zaliczyć wszystkie dane o stanie zdrowia osoby, której dane dotyczą, ujawniające informacje o przeszłym, obecnym lub przyszłym stanie fizycznego lub psychicznego zdrowia osoby, której dane dotyczą. Do danych takich należą informacje o danej osobie fizycznej zbierane podczas jej rejestracji do usług opieki zdrowotnej lub podczas świadczenia jej usług opieki zdrowotnej, jak to określa dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/24/UE (1); numer, symbol lub oznaczenie przypisane danej osobie fizycznej w celu jednoznacznego zidentyfikowania tej osoby fizycznej do celów zdrowotnych; informacje pochodzące z badań laboratoryjnych lub lekarskich części ciała lub płynów ustrojowych, w tym danych genetycznych i próbek biologicznych; oraz wszelkie informacje, na przykład o chorobie, niepełnosprawności, ryzyku choroby, historii medycznej, leczeniu klinicznym lub stanie fizjologicznym lub biomedycznym osoby, której dane dotyczą, niezależnie od ich źródła, którym może być na przykład lekarz lub inny pracownik służby zdrowia, szpital, urządzenie medyczne lub badanie diagnostyczne in vitro. [7]

2.4. Ochrona danych osobowych dzieci

Szczególnej ochrony danych osobowych wymagają dzieci, gdyż mogą one być mniej świadome ryzyka, konsekwencji, zabezpieczeń i praw przysługujących im w związku z przetwarzaniem danych osobowych. Taka szczególna ochrona powinna mieć zastosowanie przede wszystkim do wykorzystywania danych osobowych dzieci do celów marketingowych lub do tworzenia profili osobowych lub profili użytkownika oraz do zbierania danych osobowych dotyczących dzieci, gdy korzystają one z usług skierowanych bezpośrednio do nich. Zgoda osoby sprawującej władzę rodzicielską lub opiekę nie powinna być konieczna w przypadku usług profilaktycznych lub doradczych oferowanych bezpośrednio dziecku.

Jeśli przetwarzanie odbywa się na podstawie zgody osoby, której dane dotyczą, administrator powinien być w stanie wykazać, że osoba, której dane dotyczą, wyraziła zgodę na operację przetwarzania. W szczególności w przypadku pisemnego oświadczenia składanego w innej sprawie powinny istnieć gwarancje, że osoba, której dane dotyczą, jest świadoma wyrażenia zgody oraz jej zakresu. [7]

2.5. Prawo do „bycia zapomnianym”

Każda osoba fizyczna powinna mieć prawo do sprostowania danych osobowych jej dotyczących oraz prawo do „bycia zapomnianym”, jeżeli zatrzymywanie

takich danych narusza niniejsze rozporządzenie, prawo Unii lub prawo państwa członkowskiego, któremu podlega administrator. Osoba, której dane dotyczą, powinna w szczególności mieć prawo do tego, by jej dane osobowe zostały usunięte i przestały być przetwarzane, jeżeli dane te nie są już niezbędne do celów, w których były zbierane lub w inny sposób przetwarzane, jeżeli osoba, której dane dotyczą, cofnęła zgodę lub jeżeli wniosła sprzeciw wobec przetwarzania danych osobowych jej dotyczących, lub jeżeli przetwarzanie jej danych osobowych nie jest z innego powodu zgodne z niniejszym rozporządzeniem. Prawo to ma znaczenie w przypadkach, gdy osoba, której dane dotyczą, wyraziła zgodę jako dziecko, gdy nie była w pełni świadoma ryzyka związanego z przetwarzaniem, a w późniejszym czasie chce usunąć takie dane osobowe, w szczególności z Internetu. Osoba, której dane dotyczą, powinna móc wykonywać to prawo, mimo że już nie jest dzieckiem. Niemniej dalsze zatrzymywanie danych osobowych powinno być uznane za zgodne z prawem, jeżeli jest niezbędne do korzystania z wolności wypowiedzi i informacji, do wywiązania się z obowiązku prawnego, do wykonania zadania realizowanego w interesie publicznym lub w ramach sprawowania władzy publicznej powierzonej administratorowi, z uwagi na względy interesu publicznego w dziedzinie zdrowia publicznego, do celów archiwalnych w interesie publicznym, do celów badań naukowych lub historycznych lub do celów statystycznych lub do ustalenia, dochodzenia lub obrony roszczeń.

Aby wzmocnić prawo do „bycia zapomnianym” w Internecie, należy rozszerzyć prawo do usunięcia danych poprzez zobowiązanie administratora, który upublicznił te dane osobowe, do poinformowania administratorów, którzy przetwarzają takie dane osobowe o usunięciu wszelkich łączy do tych danych, kopii tych danych osobowych lub ich replikacji. Spełniając ten obowiązek administrator powinien podjąć racjonalne działania z uwzględnieniem dostępnych technologii i dostępnych mu środków, w tym dostępnych środków technicznych, w celu poinformowania administratorów, którzy przetwarzają dane osobowe, o żądaniu osoby, której dane dotyczą.

Jeżeli dane osobowe są przetwarzane do celów marketingu bezpośredniego, osoba, której dane dotyczą, powinna mieć prawo wnieść w dowolnym momencie, bezpłatnie sprzeciw wobec tego przetwarzania, pierwotnego lub dalszego – w tym profilowania, o ile jest ono powiązane z marketingiem bezpośrednim. Prawo to powinno zostać wyraźnie podane do wiadomości osobie, której dane te dotyczą oraz powinno być przedstawione klarownie i oddzielnie od wszelkich innych informacji. [7]

2.6. Środki techniczne

Ochrona praw i wolności osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych wymaga wdrożenia odpowiednich środków technicznych i organizacyjnych, by zapewnić spełnienie wymogów niniejszego rozporządzenia.

Aby móc wykazać przestrzeganie niniejszego rozporządzenia, administrator powinien przyjąć wewnętrzne polityki i wdrożyć środki, które są zgodne w szczególności z zasadą uwzględniania ochrony danych w fazie projektowania oraz z zasadą domyślnej ochrony danych. Takie środki mogą polegać m.in. na minimalizacji przetwarzania danych osobowych, jak najszybszej pseudonimizacji danych osobowych, przejrzystości co do funkcji i przetwarzania danych osobowych, umożliwieniu osobie, której dane dotyczą, monitorowania przetwarzania danych, umożliwieniu administratorowi tworzenia i doskonalenia zabezpieczeń. Jeżeli opracowywane, projektowane, wybierane i użytkowane są aplikacje, usługi i produkty, które opierają się na przetwarzaniu danych osobowych albo przetwarzają dane osobowe w celu realizacji swojego zadania, należy zachęcać wytwórców tych produktów, usług i aplikacji, by podczas opracowywania i projektowania takich produktów, usług i aplikacji wzięli pod uwagę prawo do ochrony danych osobowych i z należytym uwzględnieniem stanu wiedzy technicznej zapewnili administratorom i podmiotom przetwarzającym możliwość wywiązania się ze spoczywających na nich obowiązków ochrony danych. Zasadę uwzględniania ochrony danych w fazie projektowania i zasadę domyślnej ochrony danych należy też brać pod uwagę w przetargach publicznych.

W celu zachowania bezpieczeństwa i zapobiegania przetwarzaniu niezgodnemu z niniejszym rozporządzeniem administrator lub podmiot przetwarzający powinni oszacować ryzyko właściwe dla przetwarzania oraz wdrożyć środki – takie jak szyfrowanie – minimalizujące to ryzyko. Środki takie powinny zapewnić odpowiedni poziom bezpieczeństwa, w tym poufność, oraz uwzględniać stan wiedzy technicznej oraz koszty ich wdrożenia w stosunku do ryzyka i charakteru danych osobowych podlegających ochronie. Oceniając ryzyko w zakresie bezpieczeństwa danych, należy wziąć pod uwagę ryzyko związane z przetwarzaniem danych osobowych – takie jak przypadkowe lub niezgodne z prawem zniszczenie, utracenie, zmodyfikowanie, nieuprawnione ujawnienie lub nieuprawniony dostęp do danych osobowych przesyłanych, przechowywanych lub w inny sposób przetwarzanych – i mogące w szczególności prowadzić do uszczerbku fizycznego, szkód majątkowych lub niemajątkowych.

Należy się upewnić, czy wdrożono wszelkie odpowiednie techniczne środki ochrony i wszelkie odpowiednie środki organizacyjne, by od razu stwierdzić naruszenie ochrony danych osobowych i szybko poinformować organ nadzorczy i osobę, której dane dotyczą. To, czy zawiadomienia dokonano bez zbędnej zwłoki, należy ustalić z uwzględnieniem w szczególności charakteru i wagi naruszenia ochrony danych osobowych, jego konsekwencji oraz niekorzystnych skutków dla osoby, której dane dotyczą. Takie zawiadomienie może skutkować interwencją organu nadzorczego, zgodnie z jego zadaniami i uprawnieniami określonymi w niniejszym rozporządzeniu.

Jeżeli ocena skutków dla ochrony danych wykaże, że przy braku zabezpieczeń, środków bezpieczeństwa oraz mechanizmów minimalizujących ryzyko przetwarzanie powodowałoby wysokie ryzyko naruszenia praw lub wolności osób

fizycznych, a administrator wyraża opinię, że ryzyka tego nie da się zminimalizować środkami rozsądnymi z punktu widzenia dostępnych technologii i kosztów wdrożenia, wtedy przed rozpoczęciem czynności przetwarzania należy skonsultować się z organem nadzorczym.

Organy nadzorcze powinny monitorować stosowanie przepisów niniejszego rozporządzenia oraz przyczyniać się do jego spójnego stosowania w całej Unii, aby chronić osoby fizyczne w związku z przetwarzaniem ich danych osobowych oraz ułatwiać swobodny przepływ danych osobowych na rynku wewnętrznym. W tym celu organy nadzorcze powinny współpracować ze sobą oraz z Komisją bez konieczności zawierania przez państwa członkowskie umów o wzajemnej pomocy lub współpracy. [7]

24 sierpnia 2018 r. w Monitorze Polskim został ogłoszony Komunikat Prezesa Urzędu Ochrony Danych Osobowych z dnia 17 sierpnia 2018 r. w sprawie wykazu rodzajów operacji przetwarzania danych osobowych wymagających oceny skutków przetwarzania dla ich ochrony.

Wykaz ten nie obejmuje czynności przetwarzania związanych z oferowaniem towarów lub usług osobom, których dane dotyczą, lub z monitorowaniem ich zachowania w kilku państwach członkowskich lub mogące znacznie wpłynąć na swobodny przepływ danych osobowych w Unii. Wykaz ten zostanie ogłoszony w komunikacie po wydaniu opinii przez Europejską Radę Ochrony Danych. [6]

2.7. Rejestrowanie czynności przetwarzania

Ogólne rozporządzenie o ochronie danych (RODO) przewiduje, że administratorzy danych oraz podmioty przetwarzające mają obowiązek prowadzenia odpowiednio rejestru czynności lub rejestru kategorii czynności. Art. 30 RODO wskazuje ich obligatoryjne składniki, niemniej przepis ten może budzić wątpliwości co do znaczenia poszczególnych użytych w jego treści pojęć oraz sposobu wykonania tego obowiązku.

W celu ułatwienia realizacji tego zadania Prezes Urzędu Ochrony Danych Osobowych (Prezes UODO), przygotował szablony rejestru czynności przetwarzania i rejestru kategorii czynności wraz z przykładami ich uzupełnienia oraz wyjaśnienia dotyczące sposobu realizacji tego obowiązku.

14 maja 2018 r. Grupa Robocza Art. 29 (obecnie Europejska Rada Ochrony Danych – EROD) przyjęła stanowisko, w którym wskazuje, kiedy przedsiębiorcy zatrudniający mniej niż 250 osób, nie będą zwolnieni z obowiązku prowadzenia rejestru czynności przetwarzania.

Obowiązek ten trzeba realizować, gdy przetwarzanie:

- może powodować ryzyko naruszenia praw lub wolności osób, których dane dotyczą,
- nie ma charakteru sporadycznego,

- obejmuje szczególne kategorie danych osobowych, o których mowa w art. 9 ust. 1, lub dane osobowe dotyczące wyroków skazujących i czynów zabronionych.

Przy czym dla jego powstania wystarczy, że zachodzi którakolwiek z tych sytuacji samodzielnie. Rejestr czynności przetwarzania trzeba jednak prowadzić jedynie dla tych, wskazanych rodzajów przetwarzania. [6]

2.8. Bezpieczeństwo przetwarzania

Uwzględniając stan wiedzy technicznej, koszt wdrażania oraz charakter, zakres, kontekst i cele przetwarzania oraz ryzyko naruszenia praw lub wolności osób fizycznych o różnym prawdopodobieństwie wystąpienia i wadze zagrożenia, administrator i podmiot przetwarzający wdrażają odpowiednie środki techniczne i organizacyjne, aby zapewnić stopień bezpieczeństwa odpowiadający temu ryzyku, w tym między innymi w stosownym przypadku:

- a) pseudonimizację i szyfrowanie danych osobowych;
- b) zdolność do ciągłego zapewnienia poufności, integralności, dostępności i odporności systemów i usług przetwarzania;
- c) zdolność do szybkiego przywrócenia dostępności danych osobowych i dostępu do nich w razie incydentu fizycznego lub technicznego;
- d) regularne testowanie, mierzenie i ocenianie skuteczności środków technicznych i organizacyjnych mających zapewnić bezpieczeństwo przetwarzania.

Oceniając, czy stopień bezpieczeństwa jest odpowiedni, uwzględnia się w szczególności ryzyko wiążące się z przetwarzaniem, w szczególności wynikające z przypadkowego lub niezgodnego z prawem zniszczenia, utraty, modyfikacji, nieuprawnionego ujawnienia lub nieuprawnionego dostępu do danych osobowych przesyłanych, przechowywanych lub w inny sposób przetwarzanych.

Wywiązywanie się z obowiązków, o których mowa można wykazać między innymi poprzez stosowanie zatwierdzonego kodeksu postępowania lub zatwierdzonego mechanizmu certyfikacji.

Przetwarzanie danych osobowych w zakresie bezwzględnie niezbędnym i proporcjonalnym do zapewnienia bezpieczeństwa sieci i informacji – tj. zapewnienia odporności sieci lub systemu informacyjnego na danym poziomie poufności na przypadkowe zdarzenia albo niezgodne z prawem lub nieprzyjemne działania naruszające dostępność, autentyczność, integralność i poufność przechowywanych lub przesyłanych danych osobowych – oraz bezpieczeństwa związanych z nimi usług oferowanych lub udostępnianych poprzez te sieci i systemy przez organy publiczne, zespoły reagowania na zagrożenia komputerowe, zespoły reagowania na komputerowe incydenty naruszające bezpieczeństwo, dostawców sieci i usług łączności elektronicznej oraz dostawców technologii i usług w zakresie bezpieczeństwa jest prawnie uzasadnionym interesem administratora, którego sprawa

dotyczy. Może to obejmować na przykład zapobieganie nieuprawnionemu dostępowi do sieci łączności elektronicznej i rozprowadzaniu złośliwych kodów, przerywanie ataków typu „odmowa usługi”, a także przeciwdziałanie uszkodzeniu systemów komputerowych i systemów łączności elektronicznej. [7]

2.9. Odszkodowania, sankcje i kary

Za szkodę, którą dana osoba poniosła wskutek przetwarzania w sposób naruszający niniejsze rozporządzenie, powinno przysługiwać odszkodowanie od administratora lub podmiotu przetwarzającego. Administrator lub podmiot przetwarzający powinni jednak zostać zwolnieni z odpowiedzialności prawnej, jeżeli udowodnią, że szkoda w żadnym razie nie powstała z ich winy. Pojęcie szkody należy interpretować szeroko, w świetle orzecznictwa Trybunału Sprawiedliwości, w sposób w pełni odzwierciedlający cele niniejszego rozporządzenia. Nie ma to wpływu na roszczenia z tytułu szkód wynikających z naruszenia innych przepisów prawa Unii lub prawa państwa członkowskiego. Przetwarzanie dokonywane w sposób naruszający niniejsze rozporządzenie obejmuje także przetwarzanie, które narusza akty delegowane i wykonawcze przyjęte na mocy niniejszego rozporządzenia oraz prawo państwa członkowskiego doprecyzowujące niniejsze rozporządzenie. Osoby, których dane dotyczą, powinny uzyskać pełne i skuteczne odszkodowanie za poniesione szkody. Jeżeli administratorzy lub podmioty przetwarzające uczestniczą w tym samym przetwarzaniu, każdy administrator lub podmiot przetwarzający powinien odpowiadać prawnie za całość szkody. Jeżeli jednak zostaną włączeni do jednego postępowania sądowego zgodnie z prawem państwa członkowskiego, odszkodowaniem można obarczyć każdego z administratorów i każdy z podmiotów przetwarzających stosownie do ich winy za szkodę wynikłą z przetwarzania, o ile osobie, której dane dotyczą, zapewnione zostanie pełne i skuteczne odszkodowanie za poniesioną szkodę. Każdy administrator lub podmiot przetwarzający, który wypłacił pełne odszkodowanie, może następnie dochodzić roszczeń regresowych wobec innych administratorów lub podmiotów przetwarzających uczestniczących w tym samym przetwarzaniu.

Aby egzekwowanie przepisów niniejszego rozporządzenia było skuteczniejsze, należy za jego naruszenie nakładać sankcje, w tym administracyjne kary pieniężne – oprócz lub zamiast odpowiednich środków nakładanych na mocy niniejszego rozporządzenia przez organ nadzorczy. Jeżeli naruszenie jest niewielkie lub jeżeli grożąca kara pieniężna stanowiłaby dla osoby fizycznej nieproporcjonalne obciążenie, można zamiast tego udzielić upomnienia. Powinno się jednak zwrócić należytą uwagę na charakter, wagę oraz czas trwania naruszenia, na to, czy naruszenie nie było umyślne, na działania podjęte dla zminimalizowania szkody, na stopień odpowiedzialności lub wszelkie mające znaczenie wcześniejsze naruszenia, na sposób, w jaki organ nadzorczy dowiedział się o naruszeniu,

na przestrzeganie środków nałożonych na administratora lub podmiot przetwarzający, na stosowanie kodeksów postępowania oraz wszelkie inne czynniki obciążające lub łagodzące. Nakładanie sankcji, w tym administracyjnych kar pieniężnych, powinno podlegać odpowiednim zabezpieczeniom proceduralnym zgodnym z ogólnymi zasadami prawa Unii i z Kartą praw podstawowych, w tym skutecznej ochronie prawnej i prawu do rzetelnego procesu.

W celu wzmocnienia i zharmonizowania sankcji administracyjnych za naruszenie niniejszego rozporządzenia każdy organ nadzorczy powinien być uprawniony do nakładania administracyjnych kar pieniężnych. W niniejszym rozporządzeniu należy wymienić rodzaje naruszeń oraz wskazać górną granicę i kryteria ustalania związanych z nimi administracyjnych kar pieniężnych, które właściwy organ nadzorczy powinien określać indywidualnie dla każdego przypadku z uwzględnieniem wszystkich stosownych okoliczności danej sytuacji, z należyтым uwzględnieniem w szczególności charakteru, wagi, czasu trwania naruszenia i jego konsekwencji, a także środków podjętych w celu zastosowania się do obowiązków wynikających z niniejszego rozporządzenia oraz w celu zapobieżenia konsekwencjom naruszenia lub w celu zminimalizowania tych konsekwencji. Jeżeli administracyjna kara pieniężna jest nakładana na przedsiębiorstwo, to „przedsiębiorstwo” należy do tych celów rozumieć zgodnie z art. 101 i 102 TFUE. Jeżeli administracyjna kara pieniężna jest nakładana na osobę niebędącą przedsiębiorstwem, organ nadzorczy, ustalając właściwą wysokość kary pieniężnej, powinien wziąć pod uwagę ogólny poziom dochodów w danym państwie członkowskim oraz sytuację ekonomiczną tej osoby. Aby wspierać spójne stosowanie administracyjnych kar pieniężnych, można także użyć mechanizmu spójności. Państwa członkowskie powinny określić, czy i w jakim zakresie administracyjnym karom pieniężnym powinny podlegać organy publiczne. Nałożenie administracyjnej kary pieniężnej lub wydanie ostrzeżenia nie wpływa na stosowanie innych uprawnień organów nadzorczych ani innych sankcji na mocy niniejszego rozporządzenia.

Rozporządzenie wyróżnia dwa przedziały kar dla administratorów danych. Do 10 mln euro (w przypadku przedsiębiorcy – alternatywnie do 2% jego całkowitego rocznego światowego obrotu z poprzedniego roku obrotowego). Kara ta dotyczy naruszeń związanych między innymi z niewywiązaniem się przez Administratora ze swoich obowiązków takich jak: obowiązek informacyjny, brak uwzględnienia ochrony danych w fazie projektowania oraz domyślnej ochrony danych, błędnie prowadzony rejestr czynności przetwarzania lub jego brak, nieprawidłowe zabezpieczenie systemów informatycznych, nieprzeprowadzenie oceny skutków dla ochrony danych, brak powołania Inspektora Ochrony Danych jeśli istniał taki obowiązek, etc.

Do 20 mln euro (w przypadku przedsiębiorcy – alternatywnie do 4% jego całkowitego rocznego światowego obrotu z poprzedniego roku obrotowego). Kara ta dotyczy między innymi: złamania przez Administratora podstawowych zasad przetwarzania danych osobowych, w tym niedopilnowanie warunków pozyskania

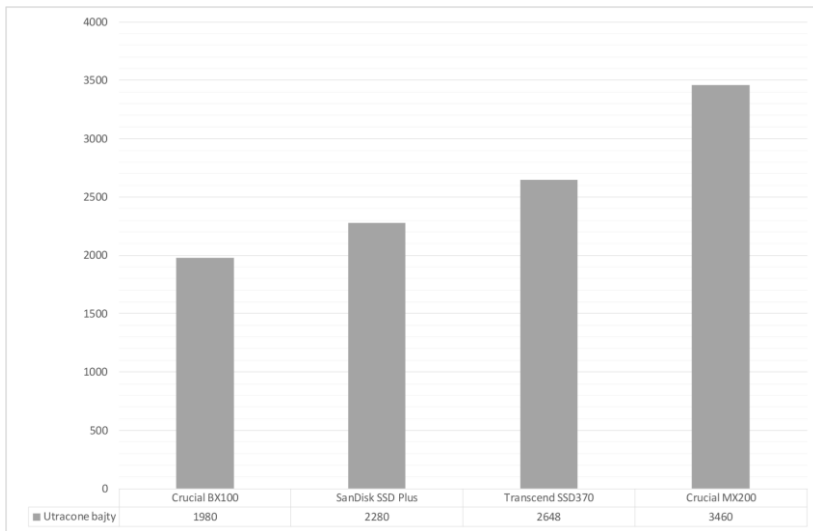
zgody, łamanie praw osób, których dane dotyczą, nieprawidłowego przekazywania danych osobowych odbiorcom w państwach trzecich lub organizacjach międzynarodowych, etc. [7]

3. Bezpieczeństwo danych domowych użytkowników systemów komputerowych

Zagadnienia bezpieczeństwa danych użytkowników systemów informatycznych należy również rozpatrywać w kontekście utraty danych zapisanych na urządzeniach mobilnych i danych przechowywanych na nośnikach pamięci. Dane przechowywane w urządzeniach mobilnych często są narażane na utratę wynikającą ze zdarzeń losowych takich jak uszkodzenie lub awaria urządzenia bądź jego kradzież.

Dyski SSD zdobywają rynek urządzeń mobilnych i dysków zewnętrznych, ponieważ ich ceny są coraz bardziej korzystne. Dyski SSD poprawiają prędkość pracy komputera, przyspieszają kopiowanie danych oraz zwiększają wydajność komputerów. Dyski półprzewodnikowe są preinstalowane do komputerów przenośnych. Niektórzy producenci instalują dyski SSD, także jako główną pamięć komputerów stacjonarnych. Oprócz wielu zalet dyski SSD mają jednak również istotne wady, dyski SSD niestety się zużywają i uszkodzony lub zużyty blok staje się nieaktywny. Obecnie dyski wykonane w technologii MLC wytrzymują nawet milion cykli zapisów lecz na początku produkcji dysków SSD ich trwałość wynosiła tylko około 10 000 cykli zapisu. Dyski SSD stają się coraz tańsze ponieważ producenci wykorzystują coraz nowsze technologie jak np. moduły wykonane w technologii TLC, które są gorszej jakości, są mniej trwałe, a spójność przechowywanych na nich plików zostaje naruszona z upływem czasu. Producenci dysków niestety często nie podają pełnej specyfikacji swoich produktów lub podają nieprawdziwe dane. [9]

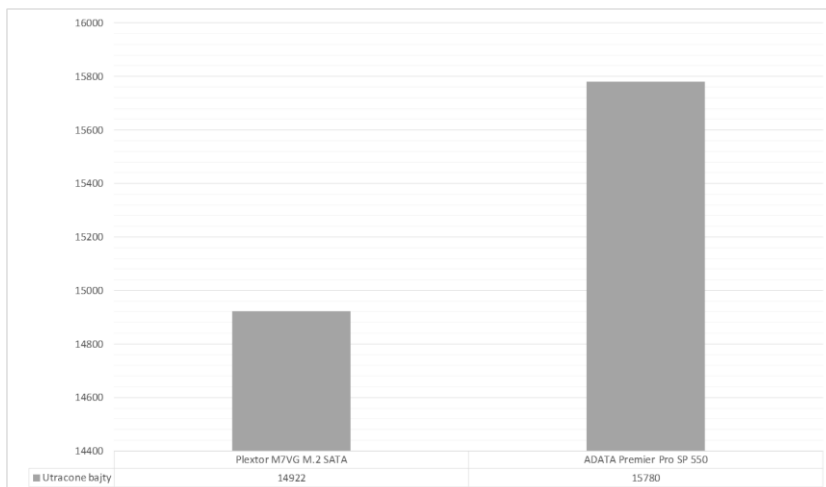
W ramach badań prowadzonych w Wydziale Podstaw Techniki Politechniki Lubelskiej sprawdzono spójność danych przechowywanych na sześciu dyskach SSD różnych producentów o pojemności 250GB. Prowadzone badania trwały sześć miesięcy. Po okresie pół roku użytkowania dysków, programem SSD-Z sprawdzono spójność kopiowanych plików. Porównano wielkości plików zapisanych 6 miesięcy wcześniej. Dodatkowo każdy z dysków przeskanowano pod względem utraty plików i błędów powstałych na komórkach podczas procesu kopiowania danych. Na rysunku 1 przedstawiono wyniki badań utraty danych na dyskach MLC, natomiast rysunek 2 przedstawia utratę danych na dyskach wykonanych w technologii TLC.



Rys. 1. Utrata danych na dyskach MLC użytkowanych okresowo przez pół roku [9]

Porównując, wyniki badań dysków opartych na pamięciach wykonanych w technologii MLC można stwierdzić, że dyski te charakteryzują się podobną ilością (3460–3460 bajtów) utraconych bajtów (Rys. 1).

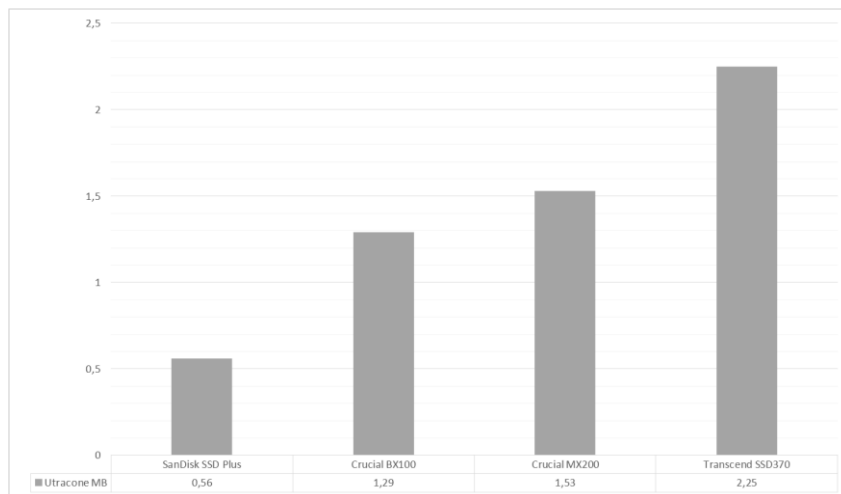
Niestety badania przeprowadzone na dyskach opartych na modułach wykonanych w technologii TLC potwierdziły informacje na temat bezpieczeństwa przechowywania danych (Rys. 2). Dane po 6 miesiącach przechowywania i użytkowania straciły kilkakrotnie więcej bajtów (14922–15780 bajtów) w porównaniu do dysków MLC.



Rys. 2. Utrata danych na dyskach TLC użytkowanych okresowo przez pół roku [9]

Podsumowując badania prowadzone pod kątem spójności danych, można stwierdzić, że dyski oparte na modułach wykonanych w technologii TLC tracą kilkakrotnie więcej danych z przechowywanych plików. Różnice, które wynikły podczas prowadzonych badań są bardzo duże. Warto też zwrócić uwagę na to, że wszystkie dyski wybrane do badań były dyskami budżetowymi, które cieszą się wysoką popularnością wśród użytkowników.

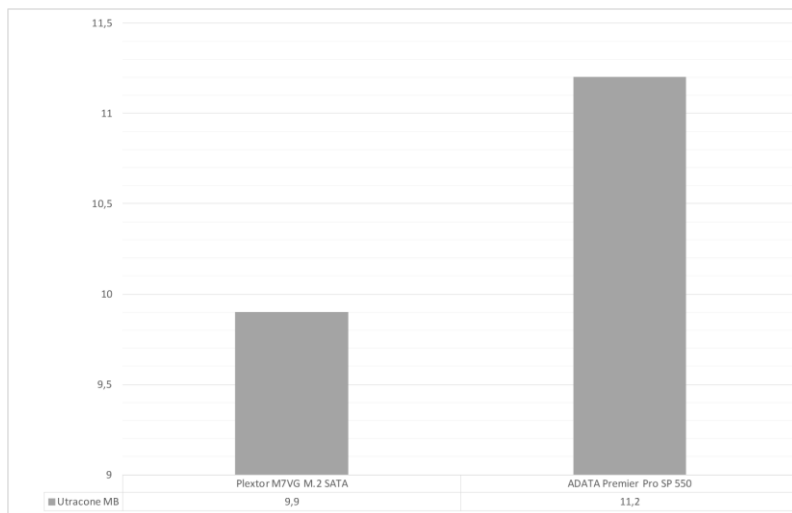
Kolejny etap badań miał na celu określenie trwałości dysków. Przy użyciu programu SSDlife Pro przeskanowano dyski pod względem utraconych komórek oraz ilości pamięci, która pozostała. Należy zaznaczyć że dyski SSD pomimo uszkodzenia komórek nie przestają działać tylko ich pojemność się zmniejsza. Ponieważ dyski nie pracowały równocześnie w takim samym czasie, przyjęto wartość zużycia komórek pamięci dla 100 godzin ciągłej pracy. W obliczeniach przyjęto, że badane dyski zużywają się liniowo. Na rysunku 3 przedstawiono utratę pojemności dysków MLC podczas 100 godzin ciągłej pracy, rysunek 4 przedstawia natomiast zestawienie wyników badań dysków TLC. [9]



Rys. 3. Utrata danych na dyskach MLC podczas 100 godzin ciągłej pracy [9]

Z obliczeń wynika, że wszystkie badane dyski utraciły pierwotną pojemność. Dysk, który utracił najmniej danych, jedynie 0,56MB, zakładając że utrata komórek odbywa się liniowo, będzie mógł pracować jeszcze przez 9 lat 3 miesiące i 5 dni. Dysk, który zajął ostatnie miejsce w zestawieniu i stracił najwięcej komórek (2,25MB) z badanych dysków opartych na modułach MLC. Wszystkie testowane dyski oparte na modułach MLC zachowywały się podobnie, a różnice w utracie komórek pamięci były niewielkie. Wyniki prowadzonych badań dowodzą, że moduły pamięci TLC są zdecydowanie mniej trwałe w porównaniu do dysków opartych na modułach MLC. Dysk TLC podczas 100 godzin ciągłej pracy stracił aż 9,9MB ze swojej pojemności. Jest to kilkakrotnie więcej niż

w przypadku dysków MLC. Trwałość tego dysku wyliczona przez program również jest zdecydowanie mniejsza i wynosi ona tylko 5 lat i 1 miesiąc. W przypadku drugiego badanego dysku TLC sytuacja wygląda jeszcze gorzej, ponieważ dysk utracił aż 11,2MB. Różnica w trwałości dysków opartych na modułach TLC i MLC jest ogromna, co również przekłada się na ich cenę. [9]



Rys. 4. Utrata danych na dyskach TLC podczas 100 godzin ciągłej pracy [9]

4. Podsumowanie

Ochrona osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych jest jednym z praw podstawowych i każda osoba ma prawo do ochrony danych osobowych jej dotyczących. Wprowadzenie rozporządzenia o ochronie danych RODO ma zapewnić ochronę podstawowych praw i wolności osób fizycznych w związku z czynnościami przetwarzania danych oraz zapewnić swobodny przepływ danych osobowych między państwami członkowskimi UE. Rozporządzenie ma także zwiększyć troskę o przechowywane dane i zaufanie do systemów informatycznych oraz ich administratorów.

Wiele firm uważa, że posiadanie polityk i regulaminów jest wystarczające dla uznania, że działanie przedsiębiorstwa jest zgodne z RODO. Nic bardziej mylnego jeśli firma opracowała polityki i regulaminy, które jednak nie są stosowane w praktyce. Polityki i regulaminy muszą być stale modyfikowane w związku z zachodzącymi zmianami w procesach biznesowych. Trzeba też śledzić wydawane decyzje administracyjne czy wyroki sądowe związane z ochroną danych osobowych i weryfikować, czy nie wpływają one na prowadzoną przez

przedsiębiorstwo działalność. Z pewnością należy również dokonywać okresowych audytów zgodności procedur z RODO oraz przeprowadzać szkolenia pracowników. [1]

Obawy przed konsekwencjami wprowadzenia RODO, brak wiedzy, brak szkoleń w firmach oraz brak dobrego zrozumienia przepisów, doprowadza do kuriozalnych sytuacji, np. nieudzielenie rodzicom przez szpital informacji o stanie zdrowia dzieci, które ucierpiały w wypadku szkolnego autokaru, zwracanie się do uczniów numerami z dziennika, albo uznanie monitoringu szkolnego za nielegalny, mimo, że został zainstalowany dla ochrony uczniów. Czy można czytać nazwiska uczniów na głos, czy można podpisywać zeszyty – i wreszcie czy da się przeprowadzić „po staremu” szkolne apele. We wszystkich tych przypadkach błędnie zinterpretowano przepisy rozporządzenia. Nie ma problemu również z podpisywaniem klasówek czy wypracowań – nawet jeśli mogą się tam znaleźć wrażliwe informacje. Obowiązek edukacyjny wymaga podpisania takich prac i w tym przypadku przetwarzanie danych jest konieczne. [1]

Rozpatrując zagadnienia poczucia bezpieczeństwa domowych użytkowników systemów komputerowych nie można ominąć problemu przechowywania danych. Zdjęcia i filmy przechowywane na nośnikach pamięci są częścią przechowywanych z troską rodzinnych pamiątek. Płyty CD i DVD, na których można latami przechowywać dane już dawno straciły zaufanie użytkowników. Dyski Solid State Drive stają się coraz popularniejsze przez to, że ich ceny są coraz bardziej konkurencyjne do klasycznych dysków twardych. Oferują one zdecydowanie większą wydajność oraz kulturę pracy. Nie posiadają one mechanicznych podzespołów, które mogą ulec uszkodzeniu, ale posiadają też wady, między innymi ilość dostępnej pamięci oraz problemy z trwałym przechowywaniem danych.

Dyski oparte na modułach pamięci TLC w przeprowadzonych testach spójności przechowywanych danych oraz trwałości wypadły gorzej od testowanych dysków MLC. Dyski SSD oparte na modułach MLC są zdecydowanie bardziej trwałe od dysków opartych na modułach TLC, jednak ich cena również jest wyższa. [9] Dokonanie odpowiedniego wyboru nośnika pamięci umożliwia zwiększenie bezpieczeństwa przechowywanych danych.

Literatura

- [1] Dyrektorzy szkół w panice przez RODO. Zagrożone są nawet jasełka, <https://www.money.pl/gospodarka/wiadomosci/artykul/rodo-w-szkole>,
- [2] Encyklopedia PWN, encyklopedia.pwn.pl
- [3] Garfinkel S., Spafford G., Schwartz A., *Practical Unix and Internet Security*, 3rd Edition, O'Reilly, 2003
- [4] Kodeks Karny, <http://dokumenty.e-prawnik.pl/kodeksy/kodeks-karny>,
- [5] Lidermann K., *Bezpieczeństwo informacyjne. Nowe wyzwania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018

- [6] RODO w praktyce, Urząd Ochrony Danych Osobowych, <https://www.uodo.gov.pl/>
- [7] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w sprawie ochrony osób fizycznych w związku z przetwarzaniem danych osobowych i w sprawie swobodnego przepływu takich danych oraz uchylenia dyrektywy 95/46/WE
- [8] Słownik języka polskiego, PWN, <https://sjp.pwn.pl>
- [9] Surajewski D., *Badanie spójności danych przetwarzanych na dyskach SSD*, praca magisterska wykonana pod kierunkiem M. Charlaka, Politechnika Lubelska, Wydział Podstaw Techniki, Lublin 2016
- [10] Wprowadzenie do problematyki bezpieczeństwa systemów komputerowych, <http://wazniak.mimuw.edu.pl/>