



Wpływ prędkości posuwu podczas frezowania na jakość obróbki rowków dekoracyjnych w okładzinach skrzydeł drzwiowych wykonanych z płyt HDF

The influence of the feed speed during milling on the processing quality of decorative grooves in door leaf facings made of HDF

Zdzisław Kwidziński^a,
Łukasz Sankiewicz^a,
Joanna Bednarz^b, ORCID: 0000-0003-4695-0258
Dariusz Darżnik^a,
Bartłomiej Knitowski^a,
Marta Pędzik^{c,d}, ORCID: 0000-0003-3607-8128
Tomasz Rogoziński^{d,1}, ORCID: 0000-0003-4957-1042

^aPorta KMI Poland, ul. Szkolna 54, 84-239 Bolszewo, Polska

^bUniwersytet Gdański, Wydział Ekonomiczny, Katedra Biznesu Międzynarodowego, ul. Armii Krajowej 119/121, 81-824 Sopot, Polska

^cSieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Technologii Drewna, Zakład Tworzyw Drzewnych i Biokompozytów, ul. Winiarska 1, 60-654 Poznań, Polska

^dUniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny i Technologii Drewna, Katedra Meblarstwa, ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-627 Poznań, Polska

Osoba do korespondencji: tomasz.rogozinski@up.poznan.pl

Streszczenie

Przeprowadzono analizę mającą na celu zbadanie możliwości zwiększenia wydajności sterowanego numerycznie stanowiska frezowania dekoracyjnych rowków w okładzinach skrzydeł drzwiowych wykonanych z HDF. Czynnikiem decydującym o skuteczności operacji technologicznej była ocena jakości powierzchni. Oceny dokonywano dwukrotnie. Stwierdzono, że zwiększenie posuwu na frezarce, na której wykonywane są frezowania dekoracyjne jest możliwe przy zachowaniu dopuszczalnego poziomu jakości wyrobów wyłącznie dla jednej z badanych płyt HDF przy maksymalnej prędkości posuwu wynoszącej 8 m/min.

Abstract

An analysis has been carried out to investigate whether it is possible to increase the efficiency of the numerically controlled station for milling decorative grooves in HDF door leaf cladding. The decisive factor for the effectiveness of the technological operation was the assessment of the surface quality. The assessments were made twice. It was found that increasing the feed speed on the milling machine, on which decorative milling is performed, is possible while maintaining the acceptable level of product quality only for one of the tested HDF boards at the maximum feed speed of 8 m/min.

Słowa kluczowe: wydajność, prędkość posuwu, frezowanie, jakość powierzchni, HDF

Keywords: production efficiency, feed speed, milling, surface quality, HDF

Wprowadzenie

W ekonomii wydajność to miara efektywności, która odnosi wielkość produkcji do wielkości zasobów użytych do jej wytworzenia. Zasobami tymi są praca, kapitał, materiały i energia (Griffin 2017). Wydajność jest wyznacznikiem poziomu rentowności w przedsiębiorstwie i jego zdolności do bycia konkurencyjnym na rynku. Wysoka wydajność zazwyczaj charakteryzuje przedsiębiorstwa innowacyjne i wyrażają się w postaci wyższego poziomu: wartości dodanej, wartości nakładów inwestycyjnych, obrotów na jednego pracownika oraz dynamiki eksportu (Szymanik 2016). Z badań podmiotów gospodarczych w branży meblarskiej wynika wniosek, że do głównych determinant wpływających na zwiększenie popytu oraz definiujących cele stosowania innowacji w przedsiębiorstwie należy zaliczyć poprawę wydajności produkcji obok wzrostu udziału przedsiębiorstwa w rynku, skrócenia procesu technologicznego i redukcji kosztów (Niziałek i in. 2016).

Podmiot gospodarczy może zwiększyć wydajność koncentrując swoją uwagę w dwóch obszarach. Pierwszym jest poprawa działalności operacyjnej, która jest możliwa do uzyskania w wyniku: modernizacji posiadanych obiektów i urządzeń wytwórczych, rozwoju działalności badawczo-rozwojowej, zwiększenia wydatków w tym zakresie, rozwoju nowych metod wytwarzania, opracowania koncepcji nowych produktów oraz różnych możliwości ich wykorzystania. Drugim obszarem wpływającym na wydajność przedsiębiorstwa jest zwiększenie sprawności, motywowania i zaangażowania pracowników. Wprowadzenie modyfikacji w obu kategoriach ma szansę przyczynić się do poprawy jakości oraz wzrostu wydajności produkcji i całego przedsiębiorstwa (Griffin 2017).

Istnieje pięć sposobów zmierzających do podniesienia wydajności (Bittel 1994, Pyszka 2015):

1. dostęp do odpowiednich zasobów umożliwiających realizację założonych celów,
2. optymalne wykorzystanie tych zasobów uwzględniające aspekty oszczędzania i redukcji marnotrawstwa,
3. usystematyzowanie i usprawnienie pracy,

4. wprowadzenie automatyzacji i systemów komputerowych oraz
5. tworzenie zespołów w celu lepszego realizowania założonych celów.

Uzyskanie wysokiej wydajności jest wyzwaniem dla producentów, zwłaszcza w przypadku produkcji wieloasortymentowej. Chodzi o podjęcie działań w zakresie skracania czasów przebrojeń maszyn, które traktowane są jako marnotrawstwo (Chabowski i in. 2015).

Jedną z operacji technologicznych decydującą zarówno o jakości skrzydeł drzwiowych i w decydujący sposób o wydajności linii produkcyjnej jest frezowanie rowków dekoracyjnych na powierzchni okładzin. Ze względu na często znaczną długość frezowanych profili w obrębie jednego wyrobu w postaci skrzydła drzwiowego jest to operacja czasochłonna. Do wykonywania tego rodzaju operacji technologicznych wykorzystuje się stanowiska frezarek CNC, które stanowią w takiej sytuacji często wąskie gardła linii technologicznych do produkcji drzwi. Ze względu na poprawę efektywności produkcji powinno się dążyć do zwiększenia wydajności ilościowej szczególnie obciążonych stanowisk (Rogozinski i in. 2010). Pierwszym sposobem, który wynika z czynników determinujących wydajność takich maszyn jest prędkość posuwu. Niestety nie zawsze możliwe jest jej zwiększanie ze względu na pogorszenie jakości wyrobu związane z ograniczeniami jakościowymi materiałów zastosowanych w konstrukcji wyrobów (Kminiak i in. 2019, Kminiak i Banski 2017, Laszkiewicz i in. 2013, Strumiński i Dolny 1993, Sütçü i Karagöz 2012, Szymanowski i in. 2015, Wei i in. 2018, Wilkowski i in. 2021).

W konstrukcji wielu odmian skrzydeł drzwiowych, głównie pełnych o jakości powierzchni decydują właściwości płyt użytych do wytworzenia okładzin (Bal i Dumanoğlu 2019). Ze względu na oczekiwaną jakość oraz cenę wyrobu właściwości płyt HDF wykorzystywanych do tego celu mogą być różne. Dzięki temu wyroby, w zależności od sposobu produkcji, mogą być konkurencyjne na rynku. Frezowanie dekoracyjne w okładzinach o gorszych właściwościach może okazać się nieefektywne ze względu na pogorszenie jakości frezowanej powierzchni. Pojawia się zatem związek kilku czynników: wydajności maszyn, jakości materiałów, jakości obróbki oraz efektywności produkcji. Umiejętne ich stosowanie będzie skutkowało zwiększeniem wydajności produkcji i przez to poprawą efektywności przedsiębiorstwa.

Cel pracy

Aby ocenić możliwości w zakresie doboru parametrów obróbkowych i rodzaju materiału w produkcji drzwi przedsiębiorstwie Porta KMI Poland postanowiono przeprowadzić pilotażowe badania przemysłowe, których celem była analiza możliwości zwiększenia wydajności sterowanego numerycznie stanowiska frezowania dekoracyjnych rowków w okładzinach skrzydeł drzwiowych wykonanych z HDF. Czynnikiem decydującym o możliwości zwiększenia wydajności była jakość wyrobów.

Materiały i metodyka badań

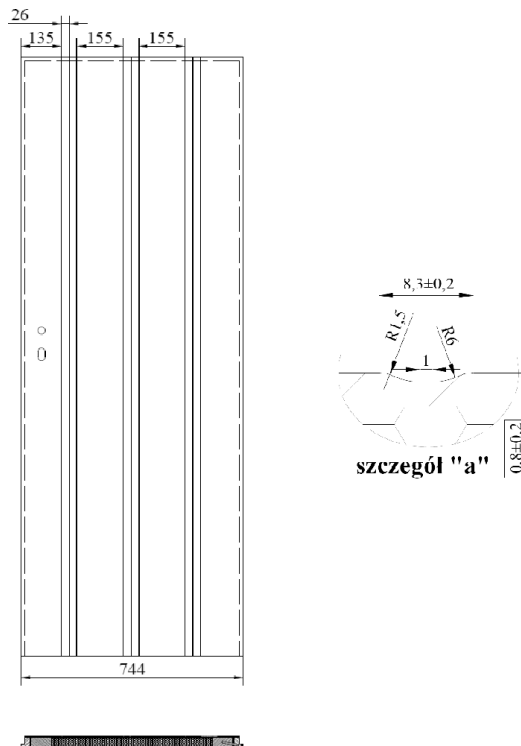
Do badań wytworzono testowe skrzydła drzwiowe z okładzinami z HDF trzech różnych rodzajów o różnych właściwościach. Charakterystykę techniczną użytych w badaniu płyt HDF przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie właściwości płyt HDF wykorzystanych w badaniach

Table 1. Properties of HDF used in the study

Oznaczenie płyt HDF przyjęte w testach	Gęstość (kg/m ³)	Wytrzymałość na zginanie (N/mm ²)	Wytrzymałość na rozciąganie prostopadle do powierzchni (N/mm ²)
A	>950	>45	>0.7
B	880	>35	>1.2
C	930	>45	>1.1

Wykonano 6 sztuk skrzydeł z okładzinami z trzech różnych rodzajów HDF oznaczonych symbolami A, B i C pochodzących od różnych producentów. Po dwa skrzydła z okładzinami z każdego z rodzajów HDF. Skrzydła frezowano powierzchniowo z prędkościami posuwu 5 m/min, 8 m/min. i 11 m/min., wykonując na każdej stronie po 3 zestawy 3-ech rowków dekoracyjnych wyfrezowanych z różnym posuwem wg schematu na Rys. 1.



Rys. 1. Schemat frezowania doświadczalnych skrzydeł drzwiowych
Fig. 1. Milling scheme of experimental doors

Do frezowania wykorzystano frezarkę CNC firmy BIESSE. Jest to czteroosiowe, dwuwrzecionowe centrum obróbkowe (Rys. 3). Frezowanie przeprowadzono ze stałą prędkością obrotową narzędzia równą 16000 obr./min. Jako narzędzia użyto frezu trzpieniowego z ostrzami diamentowymi (Rys. 4).



Rys. 2. Centrum frezarskie
Fig. 2. Milling centre



Rys. 3. Frez użyty w badaniach
Fig. 3. Tool used in the study

Ocenę jakości dokonano wizualnie wg zasad zakładowej normy oceny jakości. Efektem oceny było przypisanie badanego rowka dekoracyjnego do dobrych lub wadliwych. Jakość wykonanych rowków dekoracyjnych oceniano dwukrotnie. Po raz pierwszy bezpośrednio po frezowaniu. Powtórne, ostateczne badanie jakości wykonano po lakierowaniu. Wszystkie skrzydła testowe poddano lakierowaniu w takich samych warunkach technologicznych. Proces lakierowania został przeprowadzony z wykorzystaniem polewarki Prędkość posuwu

polewarki wynosiła 65 m/min. przy naniesieniu wynoszącym 140 g/m², zarówno farby podkładowej, jak i nawierzchniowej. Wykorzystano farby o lepkości odpowiednio 50-65 s podkład i 50-90 s farba nawierzchniowa. Po lakierowaniu skrzydła drzwiowe poddano suszeniu w łącznym czasie około 50 min. w każdym cyklu lakierowania.

Wyniki

Badanie jakości po frezowaniu wykazało, że akceptowalną jakość mają tylko rowki wykonane w skrzydłach z okładzinami z płyty HDF oznaczonej symbolem A przy prędkości posuwu równej 5 i 8 m/min. Zwiększenie prędkości posuwu do 11 m/min. skutkowało znacznym pogorszeniem jakości wykonania rowków dekoracyjnych. W pozostałych wariantach użytej płyty HDF nie uzyskano zadowalającej jakości przy wszystkich prędkościach posuwu frezowania. Zestawienie wyników przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki oceny jakości rowków dekoracyjnych w okładzinach skrzydeł drzwiowych wykonanych z HDF

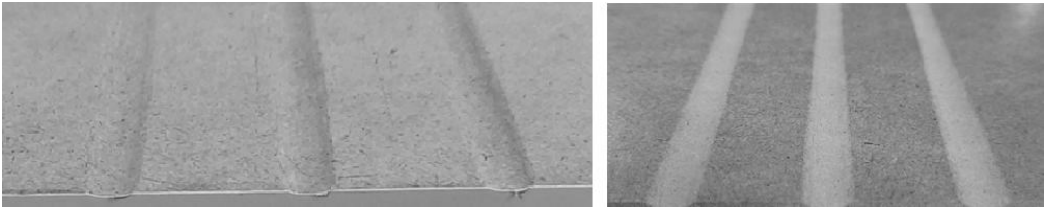
Table 2. Results of quality assessment of decorative grooves in door leaf facings made of HDF

Oznaczenie płyt HDF przyjęte w testach	Posuw 5 m/min.		Posuw 8 m/min.		Posuw 11 m/min.	
	dobrze	wadliwe	dobrze	wadliwe	dobrze	wadliwe
	(%)					
A	100	0	100	0	0	100
B	0	100	0	100	0	100
C	0	100	0	100	0	100

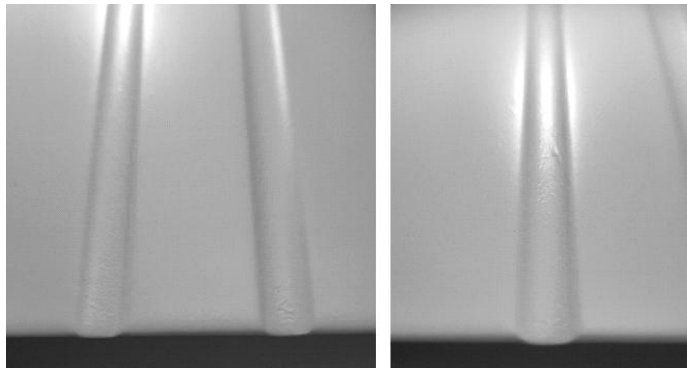
W czasie oceny jakości ujawniono kilka powtarzających się typów wad obróbki. Zaliczono do nich falistość powierzchni rowka (Rys. 4) i nierówną szerokość rowka bezpośrednio po frezowaniu (Rys. 5).



Rys. 4. Falistość powierzchni po frezowaniu
Fig. 4. Waviness of the surface after milling



Rys. 5. Zmienność szerokości rowka po frezowaniu
Fig. 5. Variability of the groove width after milling



Rys. 6. Podniesione włókna widoczne po lakierowaniu
Fig. 6. Raised fibers visible after lacquering

W czasie oceny jakości po lakierowaniu uwidoczniła się wada w postaci nierówności powierzchni rowków spowodowanych przez podniesione włókna w strukturze tworzywa (Rys. 6). Wszystkie zauważone wady koncentrują się поблизу krawędzi skrzydeł, czyli w początkowym i końcowym fragmencie całej długości rowka. Sugerować to może problemy związane z prowadzeniem narzędzia, szczególnie przy dużej rozpiętości strefy obróbki.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań testowych stwierdzono, że możliwe jest zwiększenie wydajności produkcji skrzydeł drzwiowych przez zwiększenie posuwu na frezarce, na której wykonywane są frezowania dekoracyjne. Jest to możliwe przy zachowaniu dopuszczalnego poziomu jakości wyrobów wyłącznie dla płyty HDF oznaczonej symbolem A i to jedynie do poziomu prędkości posuwu 8 m/min. Ze względu na niezadowalającą jakość obróbki płyt HDF oznaczonych symbolami B i C nie należy stosować do produkcji skrzydeł drzwiowych, na powierzchni których wykonuje się rowki dekoracyjne przy zastosowanych w badaniach parametrach frezowania.

Mając na uwadze przeprowadzone testowe, pilotażowe badania jakości skrzydeł drzwiowych z okładzinami z różnego rodzaju HDF w zależności od wydajności frezarki CNC do frezowania rowków dekoracyjnych, można stwierdzić, że dopuszczalne zwiększenie posuwu pozwoli zwiększyć produktywność przedsiębiorstwa a tym samym jego

konkurencyjność na rynku. Możliwe jest to jednak przy starannym doborze materiału na okładziny o wysokiej jakości pozwalającym na zwiększenie prędkości posuwu bez pogorszenia jakości obróbki.

Literatura

Bal B.C., Dumanoğlu F. 2019: Surface roughness and processing time of a medium density fiberboard cabinet door processed *via* CNC router, and the energy consumption of the CNC router. *BioResources* 14, 9500-9508. 10.15376/biores.14.4.9500-9508

Bittel R.L., 1994: Krótki kurs zarządzania. Wydawnictwo Naukowe PWN.

Chabowski P., Żywicki K., Rewers P., 2015: Poprawa elastyczności systemu produkcyjnego w wyniku skrócenia czasów przebrojeń maszyn w branży drzewnej. W *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. Tom 1. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.

Griffin R.W., 2017: Podstawy zarządzania organizacjami. Wydawnictwo Naukowe PWN.

Kminiak R., Banski A., 2017: Variability of surface quality of MDF boards at nesting milling on CNC machining centers. *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen* 59, 121-130. 10.17423/afx.2017.59.1.12

Kminiak R., Siklienka M., Igaz R., Krišťák Ľ., Gergel T., Němec M., Réh R., Očkajová, A., Kučerka M., 2019: Effect of cutting conditions on quality of milled surface of medium-density fibreboards. *BioResources* 15, 746-766. 10.15376/biores.15.1.746-766

Laszewicz K., Górski J., Wilkowski, J., 2013: Long-term accuracy of MDF milling process - Development of adaptive control system corresponding to progression of tool wear. *European Journal of Wood and Wood Products* 71, 383-385. <https://doi.org/10.1007/s00107-013-0679-2>

Niziałek I., Podobas I., Knysak A., 2016: Ekoinnowacje na przykładzie przedsiębiorstw z branży meblarskiej. W *Firmy rodzinne - Wyzwania współczesności*: T. XVII. red. Sułkowski Ł., Marjański A.

Pyszka A. 2015: Istota efektywności. Definicje i wymiary. *Studia ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*.

Rogoziński T., Gawroński T., Rahma A., 2010: Influence of some technical and technological factors on the productivity of woodworking stations with CNC machines. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW Forestry and Wood Technology*, 70, 243-247.

Strumiński J., Dolny S., 1993: Projektowanie zakładów mechanicznej obróbki drewna. Część I Ogólne zasady projektowania i zagadnienia technologiczne. Akademia Rolnicza w Poznaniu.

Sütcü A., Karagöz Ü., 2012: Effect of machining parameters on surface quality after face milling of MDF. *Wood Research* 57, 231-240.

Szymanik E., 2016: Konkurencyjność przedsiębiorstwa - Główne aspekty (T. 5). *Zeszyty Naukowe Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*.

Szymanowski K., Szymona K., Morek R., Górski J., Podziewski P., Cyrankowski M., Auriga R., 2015: Influence of coatings on edge milling quality. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Forestry and Wood Technology* 92, 444-447.

Wei H., Guo X., Zhu Z., Cao P., Wang B., Ekevad M., 2018: Analysis of cutting performance in high density fiberboard milling by ceramic cutting tools. *Wood Research* 63, 455-466.

Wilkowski J., Barlak M., Böttger R., Werner Z., Konarski P., Pisarek M., Wachowicz J., Von Borany J., Auriga A., 2021: Effect of nitrogen ion implantation on the life time of WC-Co tools used in particleboard milling. *Wood Material Science & Engineering*. <https://doi.org/10.1080/17480272.2021.1900391>

Artykuł recenzowany / Reviewed paper

Zgłoszony / Submitted: 15.12.2021

Opublikowany online / Published online: 29.12.2021