

Problemy badawcze kolumn pras hydraulicznych do wyciskania profili z metali kolorowych

Problems during inspection of columns in extrusion press for colour metals

Streszczenie

Prasy hydrauliczne do wyciskania (ekstruzji) to maszyny służące do wytwarzania elementów o stałym profilu poprzecznym. Głównym ograniczeniem wielkości odkształceń możliwych do uzyskania podczas jednej operacji jest wytrzymałość narzędzi. Jednymi z najbardziej obciążonych elementów maszyny są kolumny. Pęknięcie kolumny oraz postój maszyny generują ogromne straty finansowe oraz problemy logistyczne dla zakładu. Istotnym elementem przeciwdziałania tego typu awariom jest stosowanie okresowych badań nieniszczących. Na podstawie zgromadzonych doświadczeń oraz za pomocą obliczeń możliwe jest prognozowanie pozostałego czasu pracy kolumn, w których zlokalizowano i określono wielkość nieciągłości materiałowej, co zapewnia ciągłość procesu oraz bezpieczeństwo pracy pracowników obsługujących proces produkcyjny.

Słowa kluczowe: prasa hydrauliczna, badanie kolumn, problemy badawcze, kontrola, metody nieniszczące

Abstract

Hydraulic press for extrusion is a device used to create objects with a fixed cross-sectional profile. Main limit of possible size of deformation during extrusion is durability of the machinery. The most tensed elements in press are the columns. Damage of the column and breakdown of the press can generate large amount of financial loss and logistic problems to production facility. Applying of periodically performed non-destructive testing methods can counteract to such situation. It is possible to forecast remained operational time of the columns by using collected data about location and size of located discontinuities and theoretical calculations. Such action provides continuity and safety during production process.

Keywords: hydraulic press, columns inspection, inspection problems, non-destructive examination, testing methods

Wstęp

Prasy hydrauliczne do wyciskania (ekstruzji) to maszyny służące do wytwarzania elementów o stałym profilu poprzecznym. Na rysunku 1 przedstawiono przykładową prasę hydrauliczną do wyciskania profili. Podczas wyciskania materiał umieszczony w pojemniku lub matrycy, poddany naciskowi stempla (lub tłoczyska – poprzez przekładkę, zwaną także przetłoczką lub płytą naciskową) wypływa przez otwór matrycy lub szczelinę pomiędzy stemplem i matrycą, doznając

wydłużenia kosztem zmniejszenia przekroju poprzecznego. Stan naprężenia w przeważającej części obszaru uplastycznionego jest trójosiowym nierównomiernym ściskaniem. Możliwe są więc duże odkształcenia plastyczne bez naruszenia spójności materiału (maksymalne współczynniki wydłużenia są rzędu 300, średnie – ok. 50). Jest to główna zaleta procesów wyciskania. Duże odkształcenia wymagają dużych sił. Głównym ograniczeniem wielkości odkształceń możliwych do uzyskania w jednej operacji wyciskania nie jest zjawisko dekohezji materiału (jak w wielu innych procesach), lecz wytrzymałość narzędzi [1,2].

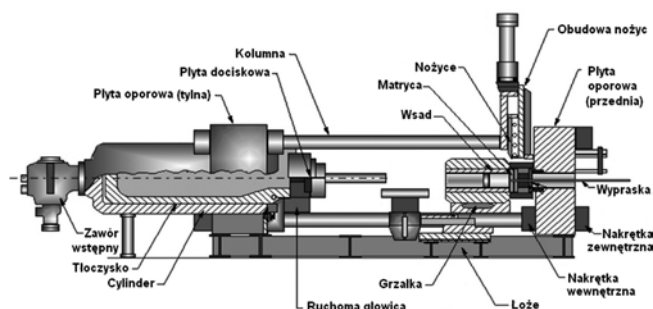
Mgr inż. Maciej Korneluk, mgr inż. Ryszard Jawor – RBM-NDT.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: ryszard.jawor@rbm-ndt.pl



Rys. 1. Prasa hydrauliczna do wyciskania [3]
Fig. 1. Hydraulic press for extrusion

Przy dużych odkształceniach stosuje się wyciskanie na gorąco, gdyż podczas wyciskania na zimno siły są tak znaczne, że narzędzia nie wytrzymują obciążeń. Duże odkształcenia mogą być zrealizowane na zimno tylko dla materiałów miękkich (np. czystego aluminium). Wyciskanie na gorąco jest realizowane głównie na prasach hydraulicznych pracujących horyzontalnie o nacisku od 230 do 11 000 T oraz ciśnieniu od 30 do 700 MPa [1,2].



Rys. 2. Schemat prasy hydraulicznej do wyciskania [4]
Fig. 2. Extrusion press diagram

Główne elementy prasy to: matryca, płyta oporowa przednia i tylna, cylinder, tłocznisko i kolumny łączące płyty oporowe. Jednymi z najbardziej obciążonych elementów maszyny są kolumny, narażone na cykliczne siły rozciągające. W jednej maszynie znajdują się zazwyczaj 3 lub 4 kolumny, ustawione symetrycznie względem osi wzdłużnej maszyny. Kolumny mogą być pełne lub mieć otwory centralne w części czołowej o głębokości 1÷1,5 m. Otwory te służą do wprowadzania w nie grzałek podgrzewających kolumny podczas montażu, co ułatwia regulację wstępnego naciągu i osiowania kolumn. Na rysunku 2 przedstawiono schemat prasy hydraulicznej do wyciskania wraz z jej elementami.

Eksploatacja tego typu pras przewidywana jest na kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt lat, a więc w tym okresie wystąpi konieczność ich remontów i modernizacji, które stanowią bardzo poważne zagadnienia techniczno-ekonomiczne dla zakładu produkcyjnego. Pęknięcie kolumny oraz postój maszyny generuje ogromne straty finansowe oraz problemy logistyczne

dla zakładu. Istotnym elementem przeciwdziałania tego typu awariom jest stosowanie okresowych badań nieniszczących podczas planowych postojów remontowych maszyny. Ze względu na ograniczony dostęp do kolumn zamontowanych w maszynie, jedyną do zastosowania metodą badań nieniszczących jest metoda ultradźwiękowa (technika echa oraz przepuszczania), prowadzona od czoła kolumny. Metoda ta pozwala również na wykonanie badań na maszynie pracującej, bez konieczności jej wyłączenia (studzenia) lub rozbijania. Inne metody rozszerzające zakres badań lub potwierdzające uzyskane wyniki stosuje się w czasie postojów remontowych na elementach wymontowanych z prasy.

Rzetelnie przeprowadzone badania ultradźwiękowe mogą w sposób jednoznaczny dostarczyć informacji, czy w badanej kolumnie występują nieciągłości lub nie. Co więcej, podczas prowadzenia badań cyklicznych, przy zastosowaniu tych samych kryteriów oceny, możliwe jest stwierdzenie, czy wykryta nieciągłość ulega stopniowemu powiększaniu oraz w jakim tempie. Dzięki takim informacjom możliwe jest prognozowanie pozostałego czasu pracy kolumn oraz planowanie wymiany wadliwych elementów na nowe, bez ponoszenia dodatkowych kosztów spowodowanych awarią.

Przykłady zastosowania badań nieniszczących

Na rysunku 3 przedstawiono uszkodzoną (pękniętą) kolumnę, na której nie były prowadzone badania nieniszczące. Kolumna ta pochodzi z maszyny FIELDING Gloucester o nacisku 1600 T, wyposażonej w 3 kolumny o długości ok. 6 m i średnicy rdzenia 237 mm, stosowanej do wyciskania profili ze stopów aluminium. Rozwój pęknięcia nastąpił od zakończenia otworu centralnego (czyli od środka przekroju kolumny) w odległości ok. 1200 mm od czoła. Awaria ta nastąpiła w roku 2009 na jednej z 3 maszyn i przyniosła firmie znaczne straty oraz spowodowała, że cykliczne badania nieniszczące zostały wdrożone do procedur utrzymania ruchu wszystkich maszyn.

Po wymianie uszkodzonej kolumny prowadzono regularne badania ultradźwiękowe na kolumnach wszystkich maszyn, w odstępach czasowych 6 lub 12 miesięcy. W roku 2010 na jednej z kolumn (oznaczonej nr 3) zlokalizowano skupisko nieciągłości znajdujących się w odległości 1070÷1190 mm od czoła kolumny w środkowej części jej przekroju. Odległość ta odpowiadała głębokości otworu centralnego kolumny. Wielkość równoważna największego wskazania wynosiła wówczas $D_{eq} = 5$ mm. Podczas każdej z inspekcji wskazanie to stopniowo powiększało się. W 2011 r. $D_{eq} = 7$ mm, w 2012 r. $D_{eq} = 16$ mm, a w 2013 r. $D_{eq} = 20$ mm.

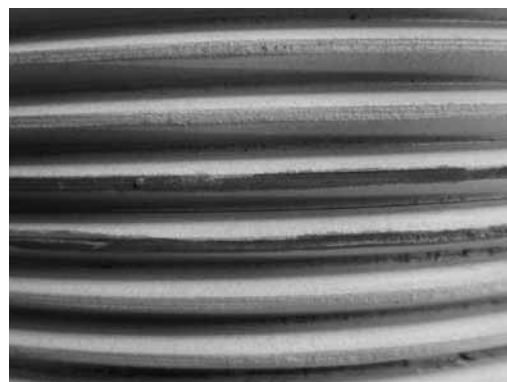
W tym samym czasie na kolejnej kolumnie (oznaczonej nr 1) tej samej maszyny zlokalizowano nieciągłość znajdującą się ok. 300 mm od czoła kolumny,

przebiegającą po obwodzie w części gwintowanej. Długość nieciągłości określona techniką przesuwu i 12 dB spadku echa wynosiła ok. 140 mm. W roku 2014 dokonano wymiany wszystkich kolumn prasy na nowe. Po wymontowaniu wadliwej kolumny 1 wykonano badania magnetyczno-proszkowe, które potwierdziły wyniki uzyskane podczas badań ultradźwiękowych. Długość nieciągłości na powierzchni wynosiła 250 mm. Defektogram proszkowy przedstawiono na rysunku 4.

W latach 70. w innym zakładzie produkcyjnym zdarzył się wypadek podczas awarii prasy, podczas którego pęknięta część kolumny wraz z nakrętką, spadając z maszyny zraniły poważnie pracownika obsługującego proces produkcyjny. Wypadek ten zakończył się działaniami śledczymi prokuratury oraz zmusił kierownictwo zakładu do prowadzenia regularnych badań nieniszczących w celu zapewnienia ciągłości procesu produkcyjnego oraz bezpieczeństwa pracownikom pracującym w pobliżu maszyny.



Rys. 3. Uszkodzona kolumna prasy hydraulicznej do wyciskania profili ze stopów aluminium, widoczne powierzchnie przełomu
Fig. 3. Damaged column dismantled from hydraulic press for extruding profiles made from aluminium alloys. Two surfaces of the fracture are visible



Rys. 4. Defektogram proszkowy uzyskany na wadliwej kolumnie prasy hydraulicznej, potwierdzający występowanie nieciągłości wykrytej metodą ultradźwiękową. Kolorem oznaczono wykryte wskazania
Fig. 4. Magnetic particle indication of discontinuity in column from hydraulic press, as confirmation of indication discovered during ultrasonic testing. Indication has been marked.

Wnioski

W czasie prowadzenia badań ultradźwiękowych techniką echa na kolumnach pras, podobnie jak przy badaniu osi kolejowych od czoła, napotyka się wiele trudności. Podstawowym problemem są wskazania pozorne uzyskiwane od zmian geometrii kolumny na jej długości oraz od transformacji wiązki fal. Kolejnym problemem może być tłumienie fali ultradźwiękowej przez materiał kolumny, co może uniemożliwić wykrywanie nieciągłości o małych rozmiarach, znajdujących się w obszarach oddalonych o kilka metrów od powierzchni wprowadzania fal ultradźwiękowych. Zastosowanie techniki przepuszczania dostarcza informacji ogólnych o stanie jakości badanej kolumny, jednak nie pozwala ona na zlokalizowanie i określenie wielkości wykrytej nieciągłości.

Na podstawie doświadczeń uzyskanych podczas wieloletnich badań nieniszczących kolumn pras hydraulicznych przez jednego z autorów można stwierdzić, że propagacja pęknięć na kolumnach następuje najczęściej od powierzchni zewnętrznej w miejscu styku nakrętki z płytą oporową. Bywają również przypadki, gdy pęknięcia pojawiają się na dnie otwo-

rów nawierconych centrycznie na czole kolumny i propagują od środka osi kolumny do jej powierzchni zewnętrznej. Są to obszary oddalone maksymalnie o 1500 mm, co umożliwia skuteczne badanie tych obszarów metodą ultradźwiękową.

Istotnym czynnikiem wpływającym na wyniki badań jest stan naprężenia badanej kolumny. Jeden z przypadków wykazał, że wielkość wskazania od wykrytej nieciągłości ulegała zmniejszeniu lub całkowitemu zanikowi w momencie zmniejszenia nacisku prasy i odprężeniu kolumny. Po upływie 6 miesięcy ta sama nieciągłość powiększyła się już w takim stopniu, iż stan naprężenia kolumny przestał istotnie wpływać na wielkość wskazania.

Na podstawie zgromadzonych doświadczeń oraz pomocą obliczeń możliwe jest prognozowanie pozostałego czasu pracy kolumn, w których zlokalizowano i określono wielkość nieciągłości materiałowej. W czasie pracy ubytek przekroju kolumny wzrasta w postępie geometrycznym, zatem im większy jest rozmiar nieciągłości, tym krótszy jest pozostały czas pracy kolumny oraz większe ryzyko jej nagłego pęknięcia.

Literatura

[1] Oberg E., Jones F.D., Horton H.L., Ryffel H.H.: Machinery's Handbook (26th ed.), New York: Industrial Press, ISBN 0-8311-2635-3, 2000.

[2] Drozda T., Wick C., Bakerjian R., Veilleux R.F., Petro L.: Tool and manufacturing engineers handbook: Forming, SME, ISBN 0-87263-135-4, 1984.

[3] <http://www.weiku.com>

[4] <http://www.alurock.com>

Miesięczne i roczne spisy treści oraz streszczenia artykułów opublikowanych w Przeglądzie Spawalnictwa są dostępne na stronie internetowej:

www.pspaw.pl