

**dr inż. Andrzej Plewiński**

*Institut Obróbki Plastycznej, Poznań*

## **KIERUNKI ROZWOJU MASZYN DO OBRÓBKII PLASTYCZNEJ**

### **Streszczenie**

Rozwój maszyn do obróbki plastycznej jest w znacznej mierze warunkowany trendami rozwojowymi przemysłu samochodowego. Trendy te wymuszają zmiany w tłoczniach i kuźniach w kierunku dopasowania ich do wymagań związanych ze zmianami materiałowymi i technologicznymi wyrobów, a także do zwiększenia elastyczności produkcji przy zachowaniu jej konkurencyjności. Ma to bezpośredni wpływ na rozwój konstrukcji maszyn do obróbki plastycznej. Przedstawiono zachodzące i przewidywane zmiany w maszynach do obróbki blach oraz w maszynach do obróbki objętościowej. Oprócz podstawowych maszyn, tzn. pras i młotów omówiono również kierunki rozwoju maszyn i urządzeń stosowanych do komplementarnych technologii obróbki blach i obróbki objętościowej.

**Słowa kluczowe:** tłocznia, kuźnia, maszyna do obróbki plastycznej, kierunki rozwoju

### **1. Wstęp**

Rozwój konstrukcji maszyn do obróbki plastycznej jest w znacznej mierze warunkowany trendami rozwojowymi przemysłu samochodowego. Można je scharakteryzować następująco:

- częste zmiany i wielowariantowość modeli samochodów,
- obniżanie masy części i zespołów samochodu,
- przenoszenie produkcji części i zespołów do poddostawców,
- wzrastające wymagania dotyczące jakości części i zespołów,
- stały nacisk na obniżanie kosztów produkcji części i zespołów.

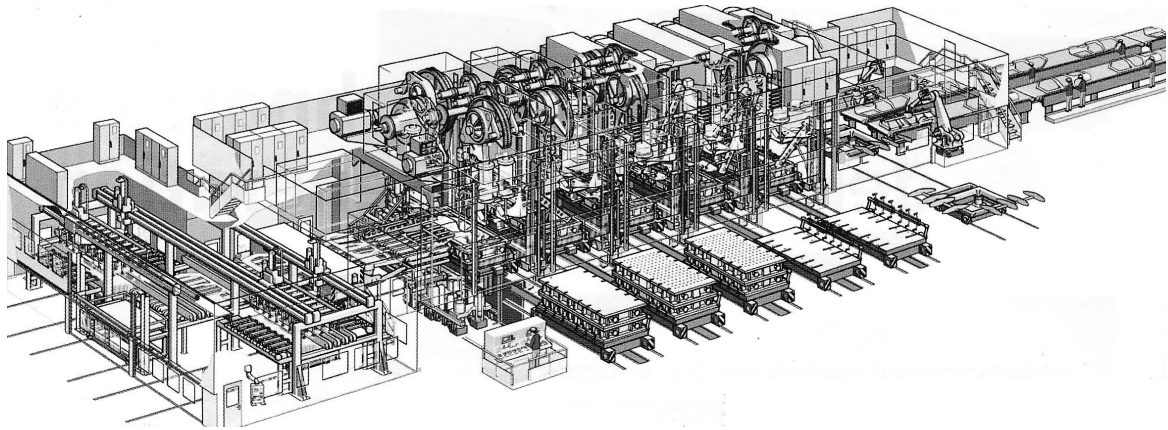
Wymienione powyżej trendy wymuszają zmiany w tłoczniach i kuźniach w kierunku dopasowania ich do wymagań związanych ze zmianami materiałowymi i technologicznymi wyrobów oraz do zwiększenia elastyczności produkcji przy zachowaniu jej konkurencyjności. Ma to bezpośredni wpływ na rozwój maszyn do obróbki plastycznej.

### **2. Obróbka blach**

Zmiany zapoczątkowane w tłoczniach i przewidywane w następnych latach to zwiększenie ich mocy produkcyjnych przy znacznej elastyczności produkcji oraz przy tendencji do stałego obniżania kosztów produkcji. Prasy i inne urządzenia produkcyjne będą dostosowane do elastycznej produkcji z częstą wymianą narzędzi [1].

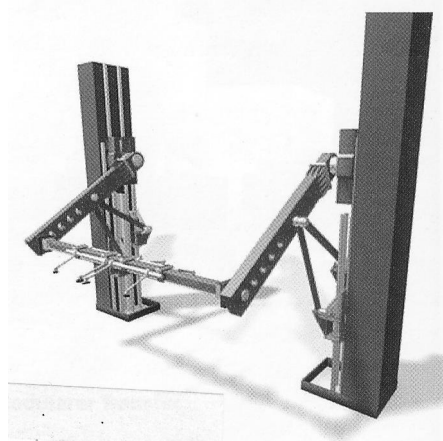
Jeśli chodzi o prasy, to ich rozwój dotyczy w zasadzie dwóch kierunków. Jednym jest sprawa przepływu materiału poprzez linię lub gniazdo pras, czyli logistyka. I tu następują szybko radykalne zmiany. Drugim są nowe napędy pras dostosowane do rosnących wymagań technologicznych i ekonomicznych.

Przepływ materiału związany jest z koncepcją linii lub gniazda pras. Obecnie, dla produkcji średnich i dużych wyłoczek dostępne są trzy systemy: linie pras, prasy transferowe z 3-osiowymi urządzeniami transferowymi i prasy transferowe z krzyżowym systemem transferowym (crossbar – Transferpressen).



Rys. 1. Widok kompaktowej prasy transferowej z krzyżowym systemem transferowym [2]

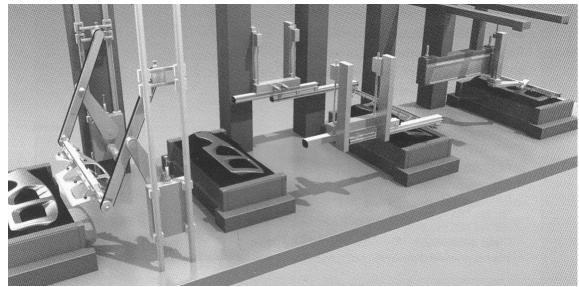
Linie pras połączone robotami charakteryzują się dużą elastycznością produkcji przy stosunkowo niskiej wydajności. Prasy transferowe z 3-osiowymi urządzeniami transferowymi osiągają wysokie wydajności (do 18 skoków na minutę) przy ograniczonej możliwości zmiany asortymentu wyłoczek. Nowym rozwiązaniem są prasy transferowe z krzyżowym systemem transferowym [2] (rys. 1). Istotą tego rozwiązania jest modułowy system transferu zapewniający transport wyłoczek między stacjami roboczymi (rys. 2) [2].



Rys. 2. Modułowy transfer [2]

W przeciwieństwie do mechanicznych lub elektrycznych systemów urządzeń transferowych napędzanych centralnie, modułowy system składa się z jednostek oddzielnie napędzanych elektronicznie sterowanymi napędami. Jednostki te mogą mieć różne rozwiązania konstrukcyjne: wahliwe, obrotowe lub przesuwowe (rys. 3) [2]. Prasy

transferowe z krzyżowym systemem transferowym wykazują dużą wydajność przy wysokiej elastyczności produkcji [3].



Rys. 3. Krzyżowe systemy transferowe – wahliwe, przesuwne, obrotowe [2]

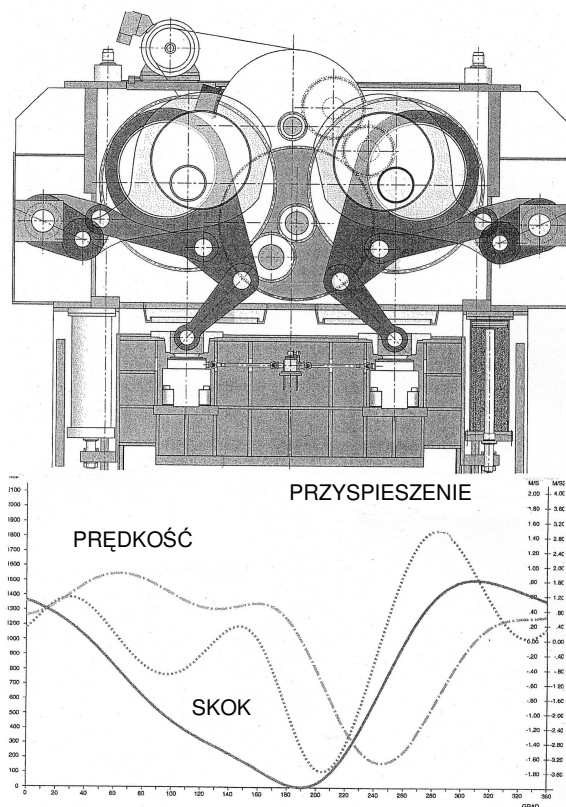
Linie i gniazda pras wyposażane będą w automatyczne systemy dostarczania materiału wyjściowego, wychodząc z taśmy w kręgach lub arkuszy blachy oraz w urządzenia do usuwania wyrobów (ewentualnie z ich układaniem). Urządzenia te muszą mieć konstrukcję i sterowanie umożliwiające szybką zmianę asortymentu.

Istotną sprawą jest szybka wymiana narzędzi. Nowoczesne linie i prasy transferowe już są wyposażone w urządzenia do szybkiej wymiany narzędzi. W tym przypadku przyszłościowe rozwiązania przewidują automatyzację tej wymiany. Natomiast gniazda pras wyposażane są obecnie w urządzenia ułatwiające wymianę narzędzi, a w przyszłości wyposażone będą w systemy szybkiej wymiany narzędzi.

Drugim kierunkiem rozwoju pras są ich napędy. Zmiany w tym zakresie dokonywane są w związku z rosnącymi wymaganiami technologicznymi. Coraz częściej

łoczone są materiały o obniżonej plastyczności, co powoduje m.in. konieczność optymalizacji prędkości ruchu suwaka prasy przy tłoczeniu. Nie bez znaczenia jest również koszt energii.

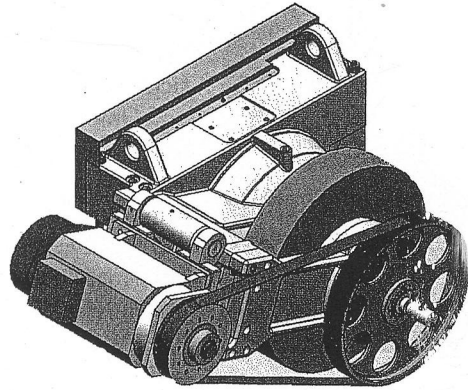
Jednym z rozwiązań jest stosowanie pras hydraulicznych do tłoczenia w miejsce mechanicznych. Nowoczesne sterowania napędowych układów hydraulicznych umożliwiają regulację siły i prędkości ruchu suwaka na całej drodze tłoczenia. W prasach mechanicznych do tłoczenia i wykrawania stosowane są rozwiązania napędów kolanowo-korbowych, które charakteryzuje inny, korzystniejszy wykres (rys. 4) ruchu i prędkości suwaka w porównaniu z napędami korbowymi lub mimośrodowymi [4]. Tym niemniej napęd ten nie pozwala na dopasowanie przebiegu prędkości do indywidualnych wymagań technologicznych.



Rys. 4. Zasada ośmioczęściowego napędu przegubowego wraz z wykresami przebiegów [4]

Takie możliwości dają nowoczesne napędy pras. Umożliwiają one zmiany prędkości ruchu suwaka w czasie jego skoku, a więc dostosowanie w szerokich granicach kinematyki prasy do założeń technologicznych przy zachowaniu ekonomicznej liczby sko-

ków. Do takich napędów należą: napęd łączący koło zamachowe z serwomotorem (rys. 5) [5], jak również napęd wrzeciono-owy. Ten ostatni przewidywany jest w przyszłości dla mniejszych pras.



Rys. 5. Napęd z serwomotorem [5]

Wzrost wytrzymałości tłoczonych blach powoduje podwyższenie wymagań dotyczących sztywności układu prasa-suwak. Podwyższenie sztywności korpusu prasy nie stanowi problemu, natomiast zapobieganie przesunięciom kątowym i bocznym suwaka jest trudniejsze i wymaga specjalnych konstrukcji. Obecnie testowany jest pasywny system hydrauliczny, który w przyszłości powinien rozwiązać problem sztywności suwaka w prasach do wykrawania i tłoczenia [6].

Istotnym czynnikiem zmniejszającym koszty produkcji, szczególnie na prasach do wykrawania, jest zintegrowany ze sterowaniem prasy system nadzoru. System ten nadzoruje siłę na stemplach wykrawających, a przyszłościowo również będzie nadzorował poziom hałasu. W przypadku przekroczenia ustalonych wartości nastąpi wyłączenie prasy, co w znacznym stopniu zapobiegnie kosztownym awariom narzędzi.

Oprócz podstawowych operacji wykrawania i tłoczenia, które realizowane są na prasach, istnieje szereg technologii obróbki blach, zapotrzebowanie na które wpływa na rozwój specjalnych maszyn i urządzeń. Niektóre z tych technologii stosowane są w małoseryjnej produkcji lub w przypadku specjalnych wymagań technologicznych.

Do takich technologii można zaliczyć:

- tłoczenie wewnętrznym ciśnieniem cieczy,
- wycinanie mechaniczne i laserowe,
- wycinanie strumieniem wody,

- zaginanie,
- dokładne wykrawanie,
- zgniatanie obrotowe,
- profilowanie,
- łączenie.

Tłoczenie wewnętrznym ciśnieniem cieczy stosowane jest w przemyśle samochodowym do wykonywania z rur lub łączonych blach profili, które zastępują części kute lub odlewane, w celu obniżenia ich masy. Ponadto tą technologią produkowane są łączniki rurowe. Zwiększone zapotrzebowanie na tego typu wyroby powoduje szybki rozwój specjalnych pras hydraulicznych o dużych naciskach suwaka służącego do zamykania narzędzi oraz z dodatkowymi suwakami roboczymi, a także z wysokociśnieniowym zasilaczem dla sterowania wewnętrznym ciśnieniem cieczy.

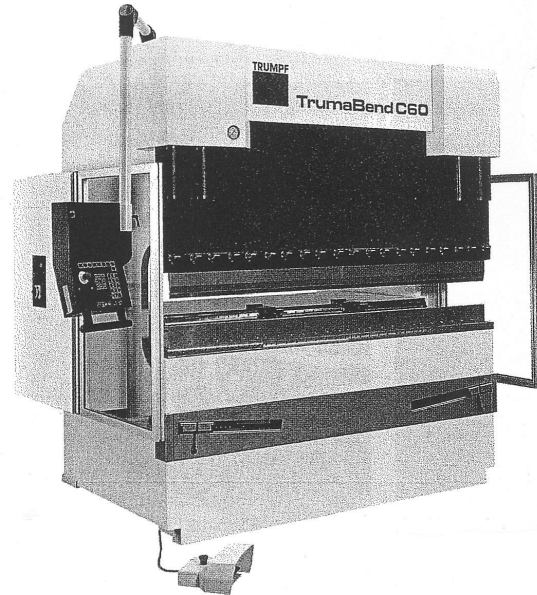
Szeroko stosowane dla mało- i średnioseryjnej produkcji wycinanie spowodowało szybki rozwój wycinarek mechanicznych i laserowych. Producenci tych maszyn oferują dla elastycznej obróbki blach zmechanizowane lub zautomatyzowane gniazda, których podstawowymi maszynami są wycinarka i prasa krawędziowa. Najnowszą tendencją rozwojową wycinarek jest łączenie w jednej maszynie tradycyjnego wykrawania narzędziami mechanicznymi i wykrawania laserowego [7].

Również postęp technologiczny w cięciu strumieniem wody i zwiększenie stosowania tej technologii powoduje rozwój urządzeń poprzez podwyższenie dokładności cięcia, zwiększenie zakresu grubości ciętych blach i automatyzację procesu.

Prasy krawędziowe do zaginania blach rozwijają się również w kierunku zwiększenia na nich elastyczności produkcji, a więc obniżania kosztów wyrobów przy jednoczesnym podwyższaniu dokładności wyrobów. Przykładowa nowoczesna prasa krawędziowa (rys. 6) ma napęd hydrauliczny z dwoma, lub w przypadku wyższych wymagań dotyczących dokładności, z czterema cylindrami napędzającymi górną belkę, sterowanie numeryczne z możliwością symulacji procesu technologicznego oraz czujnik kąta, który umożliwia prawidłowe gięcie pierwotnego wyrobu [8].

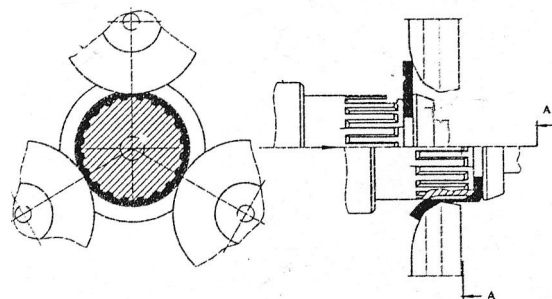
Dokładne wykrawanie jest coraz szerzej stosowane w produkcji części dla przemysłu samochodowego. Spowodowało to rozwój maszyn do tej technologii. Dla

lepszej kontroli wykrawania wprowadzono hydrauliczny napęd liniowy. Coraz częściej pracują na nich tłoczniaki wielotaktowe, na których wykonywane są dodatkowe operacje technologiczne, co zwiększyło wymagania dotyczące automatyzacji procesu przy jednoczesnym podwyższeniu wydajności pras [9].



Rys. 6. Nowoczesna prasa krawędziowa [8]

Zmniejszenie seryjności produkcji zwiększyło zainteresowanie zgniataniem obrotowym, a więc spowodowało rozwój maszyn do tej technologii. Ze względu na koszty narzędzi produkcja na tych maszynach jest opłacalna nawet przy małych seriach wyrobów. Przykładem zastosowania zgniatania obrotowego jest technologia wytwarzania wewnętrznie uzębionej tarczy sprzęgłowej (rys. 7) [10].



Rys. 7. Technologia wykonania taśmy sprzęgłowej z wewnętrznym uzębieniem technologią zgniatania obrotowego [10]

Dla zwiększenia elastyczności maszyn do profilowania z taśmy wprowadzono budowę modułową, która umożliwia szybką wymianę kaset z rolkami roboczymi. Również urządzenia peryferyjne, np. do dziurkowania wykonanego profilu w czasie pracy linii, posiadają mechanizmy do szybkiego ich ustawiania lub wymiany [11].

Szybki rozwój innowacyjnych technologii łączenia blach, np. łączenia bez stosowania nitów, spowodował powstanie nowej generacji urządzeń do tych technologii. Rozwój ich idzie w kierunku zwiększania ich wydajności, dla zwiększenia ich konkurencyjności w stosunku do tradycyjnych technologii łączenia spawaniem lub zgrzewaniem.

Rozwój maszyn do obróbki plastycznej często jest wynikiem współpracy producentów maszyn z uczelniami i instytutami badawczymi. Przykładem tego jest prasa z pulsującym dociskaczem (rys. 8), która jest wynikiem projektu europejskiego. Głębokie tłoczenie przy użyciu pulsującego dociskacza powoduje zwiększenie współczynnika ciągnięcia, co umożliwia tłoczenie wyrobu z materiałów o obniżonej plastyczności [12].



Rys. 8. Prasa z pulsującym dociskaczem [12]

Warto również nadmienić szybki rozwój specjalnych maszyn do tłoczenia wytłoczek pojedynczych lub w bardzo małych seriach. Maszyny te działają na zasadzie tłoczenia przemieszczającym się po powierzchni wytłoczki stemplem, którego ruchy są sterowane numerycznie.

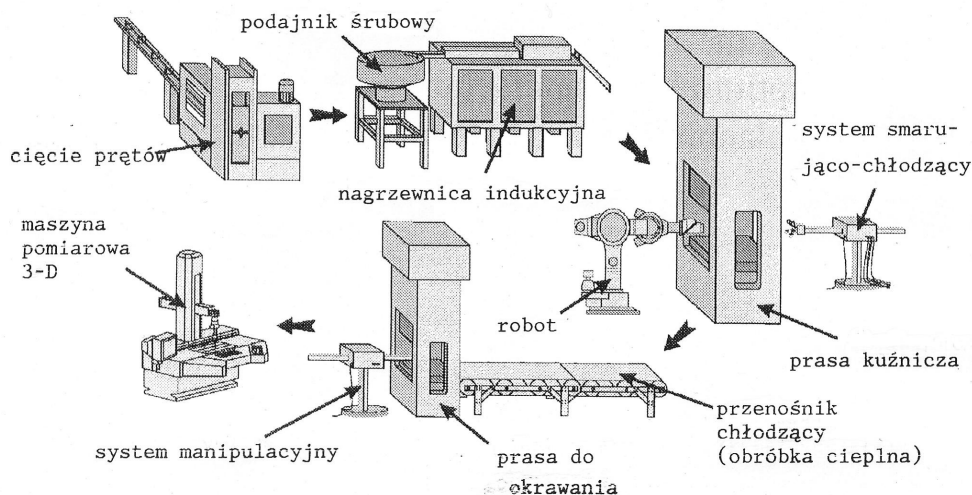
### 3. Obróbka objętościowa

Kuźnie, podobnie jak tłocznie, stoją przed wyzwaniem dostosowania się do rosnących wymagań klientów. Wymagania te to: krótkie cykle produkcyjne kutech wyrobów, częsta zmiana wyrobów, ich wysoka jakość i stałe obniżanie kosztów. Istotnym krokiem pozwalającym sprostać tym wymaganiom był rozwój technologii i maszyn do precyzyjnego kucia. Ta technologia umożliwiła obniżenie czasu produkcji części aż o 40%. Jednocześnie części te są wytrzymalsze od obrabianych skrawaniem, co umożliwia w konsekwencji obniżenie masy zespołów. Typowym przykładem tego są przekładnie z kołami zębatymi kutymi wraz z uzębieniami na gotowo lub wymagającymi tylko obróbki wykańczającej [13].

Drugim, istotnym miernikiem zmian dokonujących się w kuźniach, jest wprowadzanie zaawansowanych systemów wytwarzania odkuwek. Dla uzyskania wysokiej powtarzalności procesów kucia niezbędne jest podwyższenie stopnia ich automatyzacji i wprowadzenie stanowiskowego systemu monitorowania i sterowania. Procesy te są realizowane na liniach kucia o budowie modułowej, charakteryzującej się wysoką elastycznością produkcji (rys. 9). Materiał wyjściowy i odkuwki podawane i odbierane są w sposób automatyczny, temperatura nagrzania wstępniaka i ułożenia go w matrycy jest kontrolowana optycznie, automatyczne jest smarowanie i chłodzenie narzędzi. Linia wyposażona jest w urządzenie do szybkiej wymiany narzędzi [14].

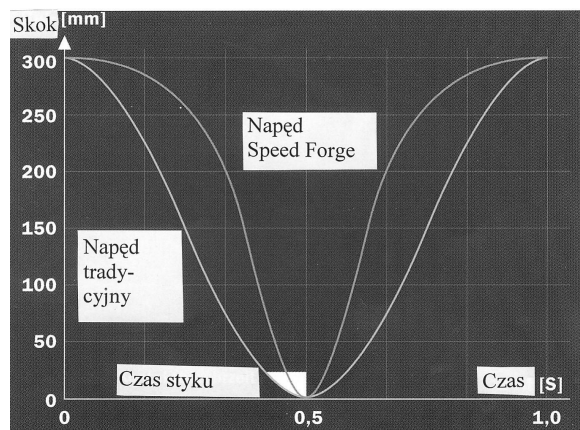
Automatyzacja pras śrubowych, a szczególnie młotów napotyka na znaczne utrudnienia związane z brakiem powtarzalności energii uderzenia oraz reakcji sprężystej korpusu. Opracowany ostatnio system kompensacyjny umożliwia zwiększenie powtarzalności wartości energii uderzenia, a więc ułatwia automatyzację procesu [15].

Mimo szerszego wprowadzania obróbki objętościowej na zimno i na półgorąco, kucie na gorąco jeszcze długo będzie najszersze stosowaną technologią. Ze względu na obciążenie cieplne narzędzi trwałość ich jest ograniczona, co generuje znaczne koszty w jednostkowym koszcie odkuwki.



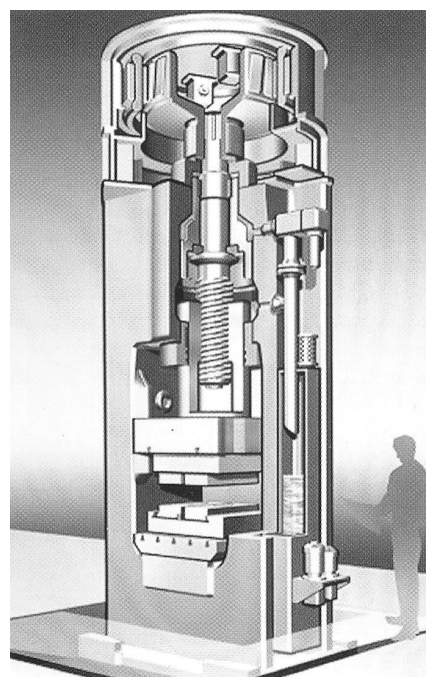
Rys. 9. Zautomatyzowana linia kuźnicza [14]

Obniżenie tych kosztów można osiągnąć przez skrócenie kontaktu gorącego materiału z narzędziem. Umożliwia to nowe rozwiązanie napędu (Speed Forge – Dual Drive) korbowych pras kuźniczych (rys. 10). Prasa posiada dwa napędy. Jednym jest pomocniczy napęd dla zakresów ruchu suwaka, gdzie nie następuje kształtowanie plastyczne, drugim sprawdzony główny napęd z przekładnią planetarną, szybkoobrotowym kołem zamachowym i zespołem hydraulicznego sprzęgła i hamulca. Napęd główny jest dołączany do wału korbowego krótko przed rozpoczęciem kształtowania plastycznego i odłączany zaraz po jego zakończeniu. Nowe rozwiązanie napędu umożliwia programowanie jego kinematyki w szerokim zakresie [13].



Rys. 10. Porównanie wykresu ruchu suwaka napędu „Speed Forge” z tradycyjnym napędem korbowym [13]

Nowym rozwiązaniem napędu pras śrubowych, które obniża koszty inwestycyjne i podwyższa efektywność eksploatacyjną jest bezpośredni napęd śruby elektrycznym silnikiem synchronicznym. Wirnik tego silnika jest bardzo prosty konstrukcyjnie. Jest to pierścień stalowy z umocowanymi na nim stałymi magnesami (rys. 11) [16].



Rys. 11. Zasada prasy śrubowej z bezpośrednim napędem elektrycznym [16]



Rozwój maszyn do kucia na gorąco to również stały rozwój poziomych pras wielostopniowych. Rozwój ten idzie w kierunku zwiększenia ich wydajności (obecnie dostępne są już maszyny z wydajnością 110 do 250 skoków na minutę), sztywności oraz automatyzacji wymiany narzędzi.

Kucie na półgorąco jest interesująca technologią, gdyż pozwala na osiągnięcie jakości odkuwek zbliżonej do kucia na zimno przy wyraźnym obniżeniu siły kształtowania. Najczęściej jest stosowane do dokładnego kształtowania części napędów dla przemysłu samochodowego. Wymogi dotyczące dokładności i ekonomiczności produkcji spełniają pionowe prasy wielostopniowe (rys. 12). Mają one 4 do 5 kolejnych narzędzi i umożliwiają kucie z wydajnością 25 do 38 skoków/minutę. Sztywność tych pras wynikająca z bardzo dokładnego prowadzenia suwaka zapewnia przy kuciu obejm przegubów homokineetycznych uzyskanie wewnętrznych powierzchni roboczych na gotowo. Praktycznie niepotrzebne jest stosowanie dotychczas kalibrowanie tych powierzchni na zimno [17].



Rys. 12. Prasa wielostopniowa z urządzeniem grzewczym i przenośnikiem do chłodzenia odkuwek [17]

Rozwój obróbki objętościowej na zimno związany jest również z rozwojem maszyn. Najbardziej typowymi maszynami do tej technologii są poziome prasy wielostopniowe. Stały ich rozwój umożliwia zwiększenie zakresu obróbki plastycznej, aż do uzyskania części dokładnych (net-shape) [18]. Nowoczesne prasy wyposażone są w system dokładnego odcinania pręta (cięcie z wysokimi prędkościami), bardzo do-

kładne i sztywne prowadzenie suwaka, co umożliwia dokładne kształtowanie części niesymetrycznych, możliwość kształtowania półwyrobów z obu stron.

Dodatkową nowością jest urządzenie obracające półwyrob, co rozszerza możliwości maszyny. Automatyzacja wymiany narzędzi i ustawiania parametrów prasy staje się regułą.

Dla wyciskania długich, stopniowych wałków opracowano specjalną konstrukcję długoskokowych, pionowych pras do wyciskania.

Równolegle do rozwoju podstawowych maszyn do obróbki objętościowej, jak prasy pionowe i poziome oraz młoty, następuje stały rozwój maszyn pomocniczych jak walce kuźnicze, a także maszyn stosowanych w przypadku produkcji małoseryjnej, jak prasy do prasowania obwiedniowego lub do specjalnych, nowych technologii jak tiksoformowanie.

#### 4. Zakończenie

Obróbka plastyczna jest technologią materiało- i energooszczędną, dlatego stały jej rozwój i jej konkurencyjność, mimo stałego obniżania wielkości serii produkcyjnych, pozwala z optymizmem spoglądać na rozwój światowej gospodarki. Przedstawiony przegląd kierunków rozwoju konstrukcji maszyn do obróbki plastycznej potwierdza tę tezę.

#### Literatura

- [1] *Das Presswerk der Zukunft*, Maschinenmarkt 19, 2005, s. 16-17.
- [2] *Pressentechnologie der nächsten Generation*, Blech Rohre Profile 7, 2003, s. 21-23.
- [3] *Austauschbare Transfersysteme*, Blech Rohre Profile 9, 2004, s. 26-27.
- [4] *Antriebstechnik für mechanische Pressen*, Bänder Bleche Rohre 10, 2003, s. 34-36.
- [5] *Servoantrieb und Schwungrad: die Kombilösung für Pressen*, Blech In-Form 5, 2004, s. 52.
- [6] Grossmann K. (i in.), *Kompensation der Stoßelkippung mechanischer Pressen mit einem passivhydraulischen*

- schen System, ZWF Werkzeugmaschinen Jg. 98 (2003) 10 s.505-509.
- [7] *Die Stanzmaschine der Zukunft ist eine Kombimaschine*, Blech Rohre Profile 8, 2004, s. 24-28.
- [8] Furtwängler M., *Beständiger Wandel*, Metallhandwerk 3, 2004, s. 10-12.
- [9] *Kontrolliertes Feinschneiden mit Lineartechnologie*, VDI-Z 147 (2005) Nr. 5 s. 28-29.
- [10] Säuberlich T., Specht G., *Net Shape Fertigung von Profilscheiben und Getriebekomponenten*, Umformtechnik 1/2000 63-68.
- [11] *Modulare Profiliermaschine*, Blech Rohre Profile 1-2, 2005 s. 38, 39.
- [12] *Tiefziehen mit pulsierender Blechhalterkraft*, Deutschland Innovation 2005, s. 82
- [13] Wingert R., Wittig A., *Neues Pressen-Antriebskonzept ermöglicht Präzisionsschmieden feingliedriger Schmiedeteile in großen Stückzahlen*, Schmiede Journal 3, 2005, s. 22-23.
- [14] Reinsch S. (i in.), *Advanced manufacturing system for forging products*, Journal of Materials Processing Technology 138, 2003, s. 16-21.
- [15] Vollrath K., *Costs: The hottest topic*, Maschinenmarkt, EMO Journal 2005, s. 50-52.
- [16] Blom D., *Elektrischer Direktantrieb mit Synchronmotor – jetzt auch im Pressenbau*, Schmiede Journal 03/2005, s. 24, 25.
- [17] Berndt T., Roske J., *Präzisionsumformen von Antriebskomponenten*, Schmiede Journal 3, 2005, s. 20-21.
- [18] Feldmann H.D., *Kaltmassivumformung*, VDI-Z 143, 1/2, 2001 s. 63-70.

## DEVELOPMENT TENDENCIES IN METAL FORMING MACHINES

### Abstract

To a large extent, the development of metal forming machines is determined by the trends in the development of the automotive industry. Those trends impose modifications in stamping and forging plants to meet the requirements resulting from material and technological modifications of products, as well as to improve production flexibility while maintaining competitiveness. This has a direct influence on the development of metal forming machines. The paper presents current and foreseen changes in sheet metal forming machines and forging machines. In addition to the basic machines, i.e. presses and hammers, machines used in the complementary technologies of sheet metal forming and forging have also been discussed.

**Key words:** stamping plant, forging plant, metalforming machine, development trends