

Ćwiczenie T11

WYZNACZENIE PARAMETRÓW PROCESU PRZECIWBIEŻNEGO WYCISKANIA NACZYŃ I OKREŚLENIE WŁASNOŚCI WYPRASEK

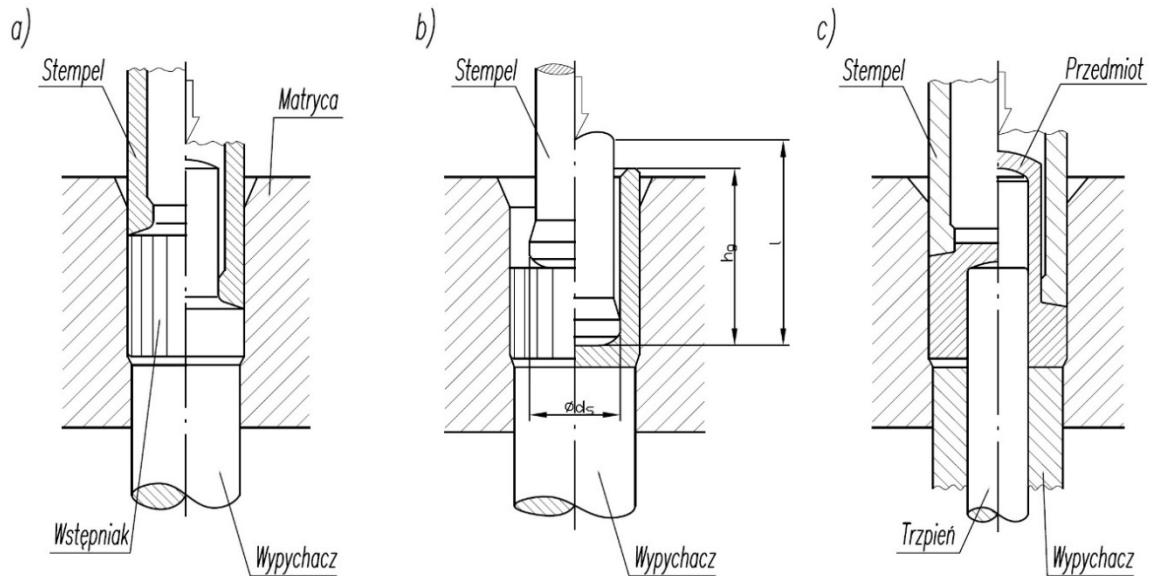
Celem ćwiczenia jest poznanie procesu przeciwbieżnego wyciskania naczyń, wyznaczenie wartości jego podstawowych parametrów oraz określenie własności wyprasek.

1. Wiadomości podstawowe

1.1. Charakterystyka procesu wyciskania przeciwbieżnego

Wyciskanie przeciwbieżne obejmuje te operacje, podczas realizacji których, kierunek płynięcia materiału jest przeciwny do kierunku ruchu stempla. Różne możliwości wyciskania przeciwbieżnego pokazano schematycznie na rys. 11.1. Rys. 11.1a przedstawia wyciskanie wypraski trzpieniowej natomiast rys. 11.1b i rys. 11.1c dotyczą wyciskania naczyń prostego i naczyń z kołnierzem. Kształtowanie naczyń bezpośrednio z wstępniaka w postaci odcinka pręta (tak jak to pokazano na rys. 11.1b) można zrealizować również za pomocą wyciskania współbieżnego. W praktyce przemysłowej kształtowanie naczyń prostych realizuje się jednak najczęściej za pomocą wyciskania przeciwbieżnego. Dlatego też w ćwiczeniu rozpatrzono szczegółowo ten właśnie sposób wyciskania.

Odcinek pręta przeznaczony do wyciskania umieszcza się w matrycy. W wyniku działania nacisku stempla na materiał powstaje w nim trójosiowy nierównomierny stan naprężeń ściskających. Powoduje on wypływanie materiału szczeliną między matrycą i stemplem. Dzięki trójosiowemu ściskaniu, z dużą wartością naprężenia średniego, większość metali ma dużą zdolność do odkształceń plastycznych. Dlatego też wartość odkształcenia, jaką można zastosować w jednej operacji wyciskania, jest również duża i zależy przede wszystkim od dopuszczalnego obciążenia narzędzi. Najbardziej obciążonym narzędziem, a więc również narażonym na uszkodzenie, jest stempel. Pracuje on zmęczeniowo, przy bardzo dużych wartościach naprężeń ściskających, a poza tym jest narażony na wyboczenie i zginanie.



Rys. 11.1. Schematy wyciskania przeciwbieżnego: a) wypraski trzpieniowej, b) naczynia cylindrycznego ze wstępniaka w postaci odcinka pręta, c) naczynia cylindrycznego z kołnierzem ze wstępniaka w postaci naczynia

Dla prawidłowo skonstruowanych stempli, wykonanych z odpowiednich gatunków stali szybkołających (SW7Mo, SW12C, SW18) i poddanych właściwej obróbce cieplnej do twardości (61÷64) HRC, największy dopuszczalny nacisk $(p_s)_{gr}$ wywierany na czołową roboczą powierzchnię stempla może wynosić (2000÷2600) MPa. Należy jednak pamiętać, że im naciski te są większe, tym szybciej następuje pękanie stempla, wskutek wyczerpania tzw. niskocyklowej wytrzymałości zmęczeniowej tego stempla, a więc zmniejsza się wielkość serii wyprasek, którą można nim wycisnąć. Możliwość wybożenia stempla ogranicza jego smukłość, a więc również wysokość wypraski, którą można uzyskać w jednej operacji wyciskania.

Do ustalenia poprawnej wartości nacisków działających na stempel oraz największej względnej wysokości wypraski mogą być przydatne informacje podane w tabl. 11.1. Dla stempli wykonanych w opisany powyżej sposób, podaje ona orientacyjną liczbę wyprasek, możliwych do wykonania przez jeden stempel, zależnie od wartości działających nacisków p_s oraz względnej długości l/d_s roboczej części stempla (rys. 11.1b).

Tablica 11.1

Orientacyjne wartości nacisków działających na stempel w zależności od jego względnej długości i liczby wyprasek planowanych do wykonania

| Orientacyjna liczba wyprasek | Względna długość roboczej części stempla l/d_s | | | |
|------------------------------|--|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| do 3000 | 2600 | 2400 | 2100 | 1700 |
| do 5000 | 2300 | 2150 | 1900 | 1600 |
| do 10000 | 2000 | 1900 | 1700 | 1500 |
| do 20000 | 1700 | 1600 | 1500 | 1350 |
| do 40000 | 1500 | 1450 | 1300 | 1200 |

Jak wiadomo, wyciskanie naczyń ze stali odbywa się przy zastosowaniu szczególnie dużych nacisków, działających na stempel. Wg tablicy 11.1 jednym stemplem można wycisnąć ok. 10000 wyprasek stalowych, jeżeli naciski działające na stempel będą wynosić około 1800 MPa, a ich względna głębokość h_g/d_s (rys. 11.1b) będzie na przykład równa $1,6 \div 1,8$. Przyjmuje się, że w przypadku wyciskania stali o szczególnie małej zawartości węgla, wysokość ta może wynosić $(h_g/d_s) = 2 \div 2,5$.

Tak duże ograniczenie wysokości wyprasek stalowych jest również spowodowane obawą przed innym zakłóceniem procesu wyciskania – pojawieniem się narostów na stemple. Wyciskanie stali stało się możliwe dopiero po opracowaniu podsmarowanych powłok fosforanowych, nanoszonych na wstępniaki. Powłoki te powodują nie tylko zmniejszenie oporów tarcia podczas wyciskania, ale również oddzielają stalowy stempel od wyciskanej stali wypraski, zapobiegając w ten sposób powstawaniu narostów. Podczas wyciskania następuje jednak duże pocienienie warstwy fosforanów. Można łatwo sprawdzić, że przy względnej głębokości wypraski $h_g/d_s = 2$, pole jej wnętrza jest dziewięciokrotnie większe od pola powierzchni styku czoła stempla z wstępniakiem na początku procesu wyciskania. Oznacza to, że grubość warstwy fosforanów podczas wyciskania zmniejszyła się 9 razy, co grozi pękaniem tej warstwy, a więc prowadzi do powstawania narostów na stemple. Uniemożliwiają one wyciskanie dalszych wyprasek.

Największa względna głębokość wyprasek, wyciśniętych przeciwbieżnie z metali nieżelaznych może być znacznie większa od głębokości wyprasek ze stali niskowęglowej. Wysokość ta jest tym większa, im opory plastycznego płynięcia wyciskanego metalu są mniejsze. Dla czystego aluminium względna głębokość wypraski może nawet osiągnąć wartość $(h_g/d_s)_{\max} \approx 10$. Największy ubytek poprzecznego przekroju wstępniaka ε może wówczas dochodzić do wartości $(\varepsilon_A)_{\max} = 98\%$, podczas gdy dla niskowęglowej stali nie przekracza on najczęściej 70%.

Ze względu na duże wartości nacisków jednostkowych, występujących szczególnie podczas wyciskania naczyń stalowych, każdy czynnik pozwalający zmniejszyć te wartości, wywiera istotny wpływ na trwałość stempli. Dlatego też bardzo ważnymi operacjami pomocniczymi są operacje wyżarzania i smarowania.

W celu otrzymania wstępniaków odznaczających się możliwie małymi oporami plastycznego płynięcia i dużą odkształcalnością na zimno, poddaje się je operacjom wyżarzania. Wstępniaki o zawartości węgla do ok. 0,2% poddaje się najczęściej normalizowaniu lub wyżarzaniu rekrystalizującemu (np. wstępniaki po operacji spęczania). Wstępniaki o większej zawartości węgla lub wykonane ze stali niskostopowych poddaje się tzw. wyżarzaniu sferoidyzującemu, którego celem jest uzyskanie jednolitej struktury cementytu kulkowego.

Jak już wspomniano, zastosowanie fosforanowania wstępniaków oraz ich namydlenie, umożliwia rozdzielenie powierzchni roboczych narzędzi oraz wyciskanego materiału i minimalizuje występujące między nimi opory tarcia. W rezultacie zmniejszeniu ulega obciążenie stempla.

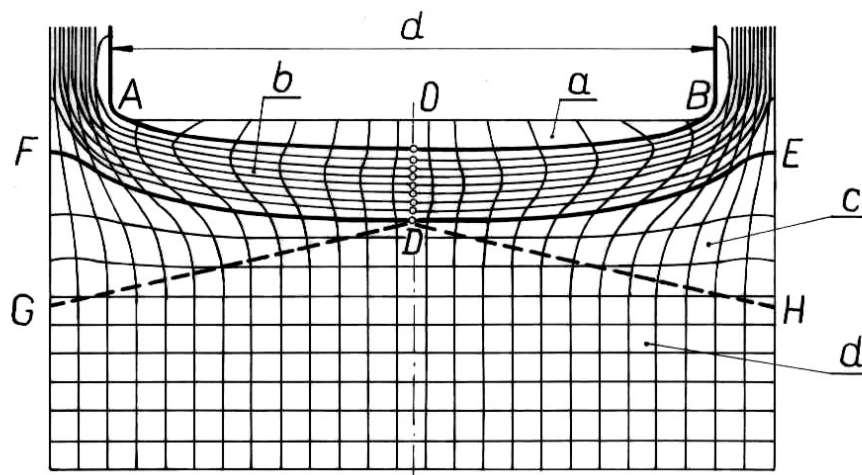
Z wyżej podanych uwag wynika, że podstawowym parametrem dla procesu wyciskania jest wartość siły potrzebnej do realizacji tego procesu. Od dokładności jej określenia zależy w znacznym stopniu poprawność opracowywanego procesu technologicznego.

Ponieważ wartość siły wyciskania jest ściśle związana z odkształceniem materiału, w pierwszej kolejności zostanie omówiony przebieg jego płynięcia oraz sposób obliczenia odkształcenia zastępczego ε .

1.2. Odkształcenie materiału podczas wyciskania naczynia cylindrycznego

1.2.1 Przebieg i rozkład odkształceń

W celu ustalenia przebiegu płynięcia materiału najlepiej jest posłużyć się dwuczęściowym wstępniakiem cylindrycznym, o osiowej płaszczyźnie podziału. Określenie tego przebiegu umożliwi analiza odkształceń np. ortogonalnej kwadratowej siatki pomiarowej naniesionej na powierzchnię podziału. Na rys. 11.2 pokazano taką właśnie połówkę wyciskanego naczynia z odkształconą siatką, dla przypadku wyciskania stemplem o płaskiej powierzchni czołowej. Jak widać na rys. 11.2, w kształtowanej wyprasce, poza jej ścianką boczną, można wyodrębnić cztery charakterystyczne obszary:



Rys. 11.2. Odkształcenia kwadratowej siatki pomiarowej w osiowym przekroju naczynia wyciskanego przeciwniecznie

1. Obszar *a*, ograniczony powierzchnią czołową stempla i w przybliżeniu kulistą powierzchnią ACB. Tarcie między materiałem i powierzchnią czołową stempla utrudnia płynięcie materiału na zewnątrz, dzięki czemu obszar ten przesuwa się razem ze stemplem, nie doznając większych odkształceń plastycznych. Wysokość OC obszaru zależy od rodzaju materiału, kształtu czołowej powierzchni stempla, grubości ścianki i dna naczynia.

2. Obszar *b*, zawarty między powierzchniami ACB i FDE, jest obszarem intensywnego płynięcia materiału. W czasie przesuwania stempla, materiał przemieszcza się z tego właśnie obszaru w kierunku ścianki naczynia.

3. Obszar *c*, ograniczony powierzchniami FDE i GDH, jest obszarem przejściowym między obszarem *b*, intensywnego płynięcia materiału i obszarem *d*, który znajduje się w stanie sprężystym. Największe odkształcenia dla tego obszaru występują więc w pobliżu obszaru *b*, najmniejsze zaś w sąsiedztwie obszaru *d*.

4. Obszar d , zawarty między ściankami narzędzia (matrycy i ewentualnie wypychacza) oraz powierzchnią stożkową GDH, nie podlega żadnym odkształceniom plastycznym. Stan taki trwa do momentu osiągnięcia przez powierzchnię GDH dolnej powierzchni matrycy. Następuje wówczas wypieranie materiału do ścianki naczynia również z tej strefy. Dotyczy to przede wszystkim środkowej części obszaru. Stosunkowo najmniejsze odkształcenia plastyczne występują wtedy w narożu, między dnem i boczną ścianką matrycy.

W wyciśniętej wyprasce największe odkształcenia występują w pobliżu miejsca zaokrąglenia między dnem i wewnętrzną boczną ścianką naczynia, a więc na skraju obszaru b .

Rozkład odkształceń można jakościowo określić za pomocą pomiarów twardości przeprowadzonych na powierzchni przekroju osiowo przeciętej wypraski. Wyniki takich pomiarów wskazują, że duża twardość występuje również w ściance naczynia, a szczególnie na jej wewnętrznej powierzchni. Jest to oczywiste, gdyż ścianka zostaje utworzona z materiału, który wypłynął ze strefy b .

1.2.2 Odkształcenie zastępcze

W zastosowaniach inżynierskich jednostkową pracę odkształcenia plastycznego w określa się zwykle na podstawie odkształcenia zastępczego obliczanego za pomocą wzoru:

$$\mathcal{E} = \ln \frac{A_0}{A} \quad , \quad (11.1)$$

w którym A oznacza pole powierzchni poprzecznego przekroju wypraski. Ponieważ pole A jest równe różnicy pól powierzchni poprzecznych przekrojów otworu roboczego matrycy A_0 (w przybliżeniu wstępniaka) i roboczej części stempla A_S , wzór (11.1) można napisać w następujących postaciach:

$$\varepsilon = \ln \frac{A_0}{A_0 \leftrightarrow - \leftrightarrow A_S} = \ln \frac{d_0^2}{d_0^2 \leftrightarrow - \leftrightarrow d_S^2} \quad (11.2)$$

1.3. Siła i praca wyciskania

1.3.1 Siła wyciskania

Dokładne obliczenie wartości siły potrzebnej do przeciwbieżnego wyciskania naczyń jest trudne, głównie ze względu na dużą niejednorodność rozkładu odkształceń w wyprasce oraz kłopotliwe do określenia opory tarcia, między materiałem i powierzchniami roboczymi narzędzi.

Spośród wielu wzorów na obliczanie siły wyciskania, proponowanych przez różnych autorów, najwygodniejsze w zastosowaniach inżynierskich są zależności wyprowadzone przy założeniu, że proces wyciskania jest stacjonarny. Dla tego rodzaju procesu, wzór na siłę wyciskania wyprowadza się przez przyrównanie pracy wykonanej przez największą siłę wyciskania z pracą odkształcenia plastycznego materiału. Jeżeli przesunięcie stempla wyniesie s (rys. 11.3), to odkształceniemu ulegnie materiał o objętości $V = A_0 \cdot s$, a bilans pracy można zapisać w postaci równania:

$$P_{\max} s = A_0 s \frac{w}{\eta}$$

skąd siła

$$P_{\max} = A_0 \frac{w}{\eta} . \quad (11.3)$$

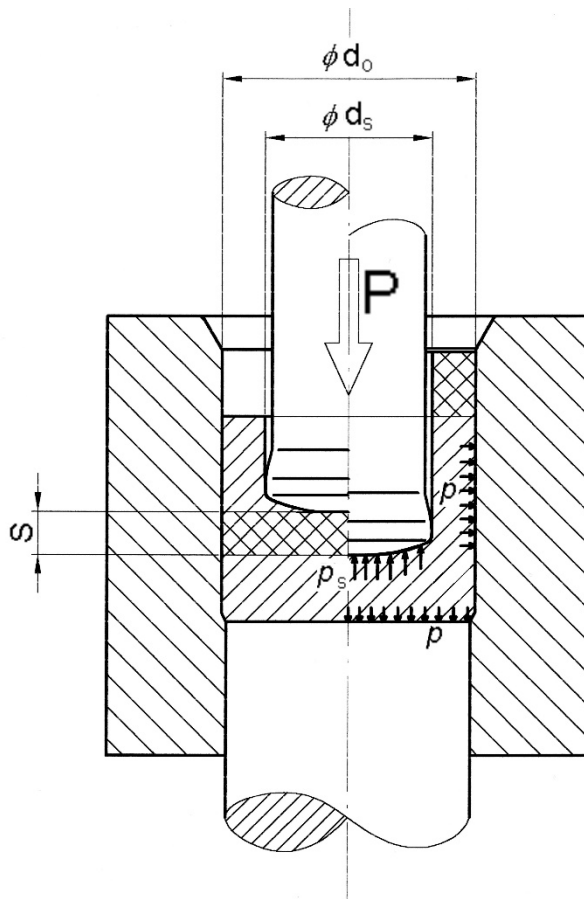
We wzorze tym w oznacza jednostkową pracę odkształcenia plastycznego, η – współczynnik sprawności procesu.

Jednostkową pracę odkształcenia plastycznego można obliczyć ze wzoru:

$$w = \sigma_p \cdot \varepsilon \cdot \lambda , \quad (11.4)$$

w którym σ_p i λ reprezentują własności plastyczne wyciskanego materiału i oznaczają odpowiednio naprężenie uplastyczniające i współczynnik wypełnienia wykresu krzywej umocnienia $\sigma_p(\varepsilon)$, odczytane dla odkształcenia zastępczego ε .

W dalszej części ćwiczenia, przy zastosowaniu określenia „siła wyciskania P ” dopuszczono możliwość pominięcia oznaczenia „max”.



Rys. 11.3. Schemat przeciwbieżnego wyciskania naczynia

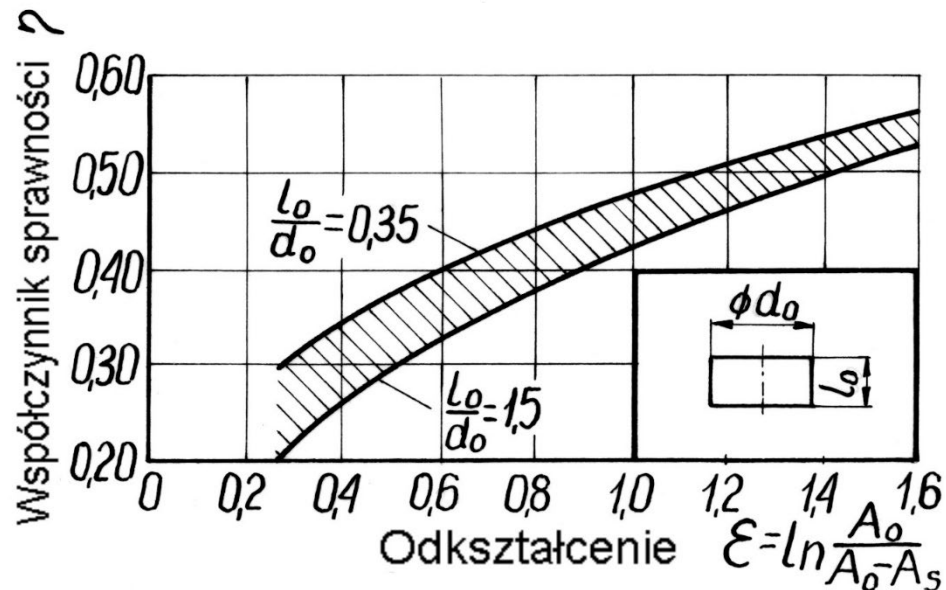
Doświadczalnie wyznaczoną zależność współczynnika sprawności procesu η od zastępczego odkształcenia ε dla przeciwbieżnego wyciskania naczyń stalowych, pokazano na rys. 11.4. Jak widać na tym rysunku, wartość η zależy nie tylko od odkształcenia ε , ale również od względnej wysokości wstępnika l_0/d_0 . Zmniejszenie tej wysokości powoduje powiększenie wartości η .

Znając wartość współczynnika η , siłę wyciskania naczynia można obliczyć ze wzoru (11.3), względnie innych jego postaci, np.

$$P = \frac{\lambda}{\eta} A_0 \sigma_p \ln \frac{d_0^2}{d_0^2 - d_s^2} \quad (11.5)$$

Opisana metoda umożliwia wyznaczenie wartości sił wyciskania przeciwbieżnego naczyń stalowych z dokładnością wystarczającą dla praktyki przemysłowej. Wykresy

zamieszczone na rys. 11.4 mogą być stosowane również do wyznaczania sił wyciskania naczyń z metali nieżelaznych.



Rys. 11.4. Zależność współczynnika sprawności η od odkształcenia zastępczego ε , dla przeciwbieżnego wyciskania naczyń stalowych

1.3.2 Naciski jednostkowe

Zgodnie ze wzorem (11.3) maksymalną siłę wyciskania można określić zależnością

$$P = A_0 \cdot p, \quad (11.6)$$

w której A_0 oznacza pole powierzchni poprzecznego przekroju otworu matrycy, a $p = \frac{w}{\eta}$ maksymalne naciski, wywierane przez wyciskany materiał na ścianki matrycy. Siłę P można również wyrazić przez iloczyn największych nacisków p_s , wywieranych przez materiał na czołową powierzchnię stempla o polu A_s

$$P = A_s \cdot p_s \quad (11.7)$$

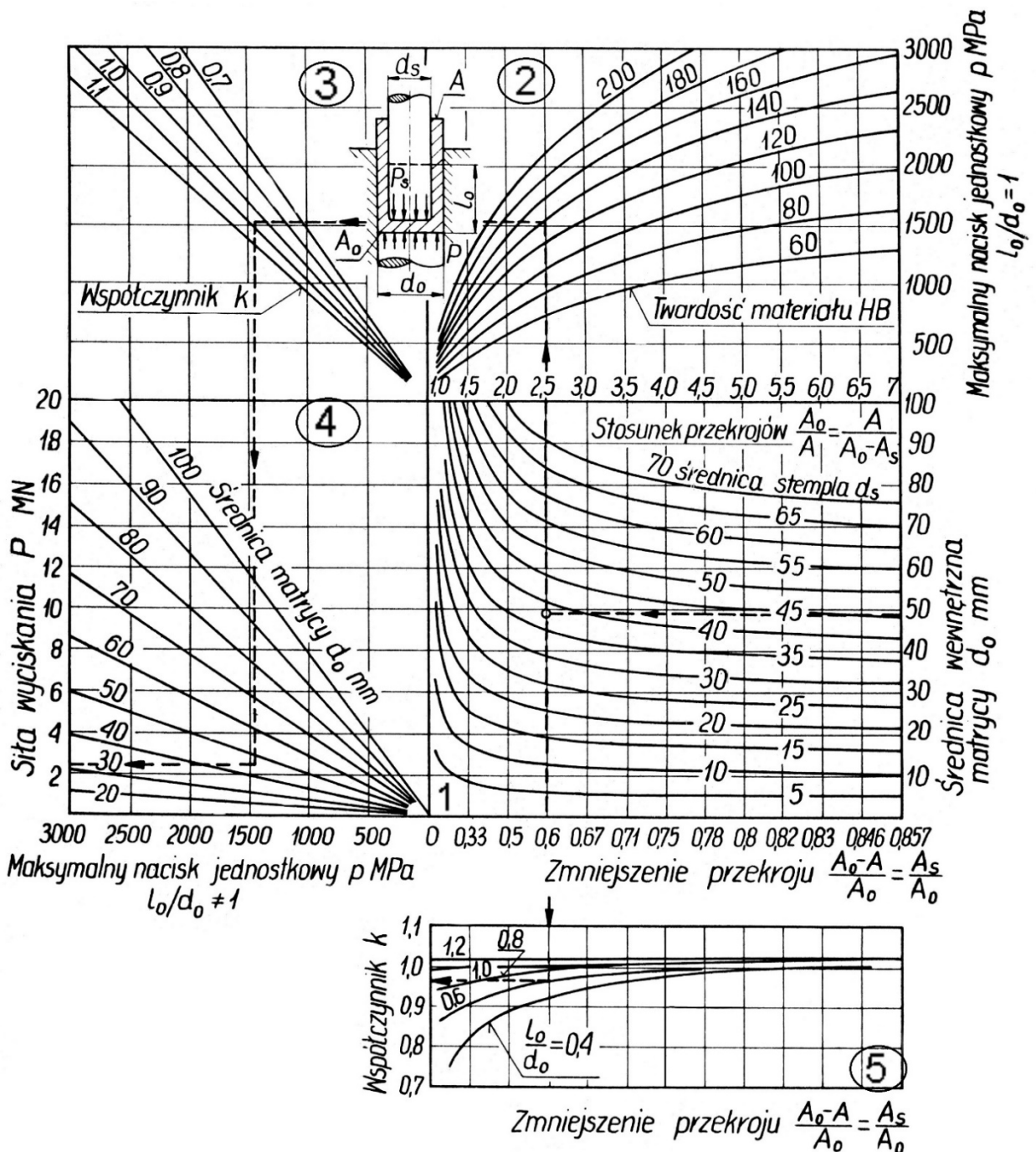
Po przyrównaniu zależności (11.6) i (11.7) i wykorzystaniu oznaczeń podanych na rys. 11.3, otrzyma się następujący związek między rozpatrywanymi naciskami

$$p_s = p \left(\frac{A_0}{A_s} \right) = p \left(\frac{d_0}{d_s} \right)^2 \quad (11.8)$$

1.3.3 Wyznaczenie siły wyciskania i nacisków jednostkowych przy pomocy nomogramu

Prace badawcze, prowadzone w wielu ośrodkach, doprowadziły do opracowania szeregu nomogramów, które dla określonych rodzajów operacji umożliwiają bezpośrednie określenie wartości sił wyciskania. Tego rodzaju nomogram dla przeciwbieżnego wyciskania naczyń stalowych, opracowany przez ICFG [2] zamieszczono na rys. 11.5. Składa się on z wykresów przedstawionych na polach 1÷5. Wykresy podane na polu 1 pozwalają, dla znanych średnic wypraski d_0 i d_s , wyznaczyć wartość odkształcenia A_s/A_0 .

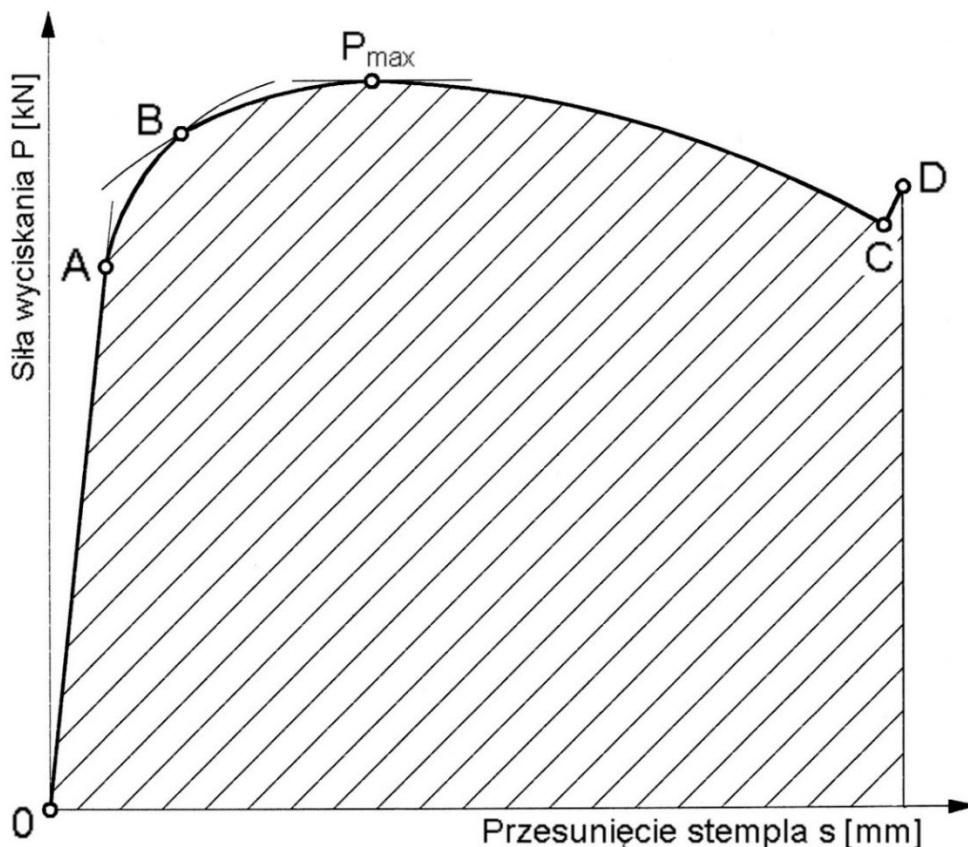
Podstawową częścią nomogramu są wykresy umieszczone na polu 2. Przedstawiają one rodzinę linii, wyznaczoną doświadczalnie, dla grup stali o określonych twardościach HB w stanie wyżarzonym. Linie te określają maksymalne naciski jednostkowe p , wywierane przez wyciskany materiał na robocze powierzchnie matryc, w zależności od zastosowanego odkształcenia. Dotyczą one wyciskania naczyń ze wstępniaków o względnej wysokości $l_0/d_0 = 1$. Dla wstępniaków o innej wysokości względnej trzeba najpierw wyznaczyć wartość współczynnika k . Umożliwia to rodzina linii, wykreślona na polu 5. Następnie z pola 2 należy poprowadzić prostą poziomą na pole 3 do przecięcia z linią, odpowiadającą wyznaczonej wartości k . Wykreślając prostą pionową do przecięcia z osią odciętych, w polu 4 odczytuje się wartość szukanych nacisków p . Proste wykreślone na polu 4 dla różnych średnic otworów d_0 matryc umożliwiają wyznaczenie wartości sił wyciskania P .



Rys. 11.5. Nomogram do określenia nacisków jednostkowych i sił, dla przeciwbieżnego wyciskania naczyń stalowych opracowany przez ICFG [2] (opis w tekście)

1.3.4 Przebieg siły wyciskania

Typowy przebieg siły podczas wyciskania naczynia na prasie hydraulicznej pokazano na rys. 11.6. Po wstępnej fazie prostoliniowego wzrostu siły pojawiają się pierwsze odkształcenia plastyczne (punkt A). Polegają one na niewielkim wgłębieniu środkowej czołowej części stempla w kształtowany materiał, połączonym ze spęczaniem wstępniaka w granicach zastosowanego luzu między otworem matrycy i wstępniakiem. Po zakończeniu spęczania wgłębienie trwa dalej, aż do momentu pełnego zagłębienia się w materiale zaokrąglonej promieniem krawędzi stempla, będącej przecięciem jego stożkowej i walcowej powierzchni roboczej. Tej fazie plastycznych odkształceń procesu (od punktu A do B) towarzyszy stosunkowo szybki nieliniowy wzrost siły. Po jej zakończeniu następuje faza właściwego procesu wyciskania. Wzrost siły jest wówczas znacznie mniejszy, a po wystąpieniu siły maksymalnej, następuje stosunkowo niewielki jej spadek. Wyciskanie naczyń na prasie hydraulicznej kończy się najczęściej zastosowaniem twardego zderzaka, czemu towarzyszy niewielki wzrost siły (odcinek CD). Zatrzymanie ruchu suwaka przez zderzak zapewnia otrzymywanie powtarzalnej grubości dna wypraski.



Rys. 11.6. Przebieg siły w zależności od przesunięcia stempla, dla przeciwbieżnego wyciskania naczynia

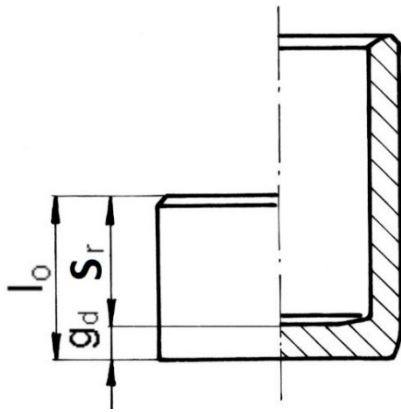
Jak wynika z rys. 11.6 siła przeciwbieżnego wyciskania naczynia, podczas realizacji procesu, ulega znaczącym zmianom. Dlatego też zaliczenie tego procesu do grupy procesów stacjonarnych jest stosunkowo dużym przybliżeniem.

1.3.5 Praca potrzebna do wykonania operacji wyciskania

Do poprawnego doboru prasy mechanicznej do operacji wyciskania określonego naczynia, oprócz wartości siły wyciskania P , potrzebna jest również wartość pracy wyciskania L_{op} . Praca ta odpowiada polu powierzchni zawartej pod krzywą przebiegu siły $P(s)$, zakreskowanej na rys. 11.6. W praktyce przyjmuje się większą wartość tej pracy, według wzoru

$$L_{op} = P_{max} \cdot s_r \quad , \quad (11.9)$$

gdzie s_r jest roboczym przesunięciem stempla podczas wyciskania, równym w przybliżeniu różnicy wysokości wstępniaka i grubości dna wyciśniętego naczynia (rys. 11.7).



Rys. 11.7. Schemat ilustrujący wyznaczenie roboczego przesunięcia stempla s_r dla przeciwbieżnego wyciskania naczyń

Zwiększenie obliczeniowej pracy L_{op} , w stosunku do rzeczywistej pracy wyciskania, umożliwia bezpieczniejszy dobór prasy ze względu na spełnienie warunku energetycznego.

2. Wykonanie ćwiczenia

Realizacja celu ćwiczenia wymaga przeprowadzenia przeciwbieżnego wyciskania naczynia z dokładną rejestracją przebiegu siły. Otrzymany wykres pozwoli na analizę procesu, natomiast wyciśnięte naczynie umożliwi określenie jego własności.

2.1. Stanowisko laboratoryjne

Do wykonania doświadczalnej części ćwiczenia jest potrzebne stanowisko laboratoryjne złożone z następujących zespołów:

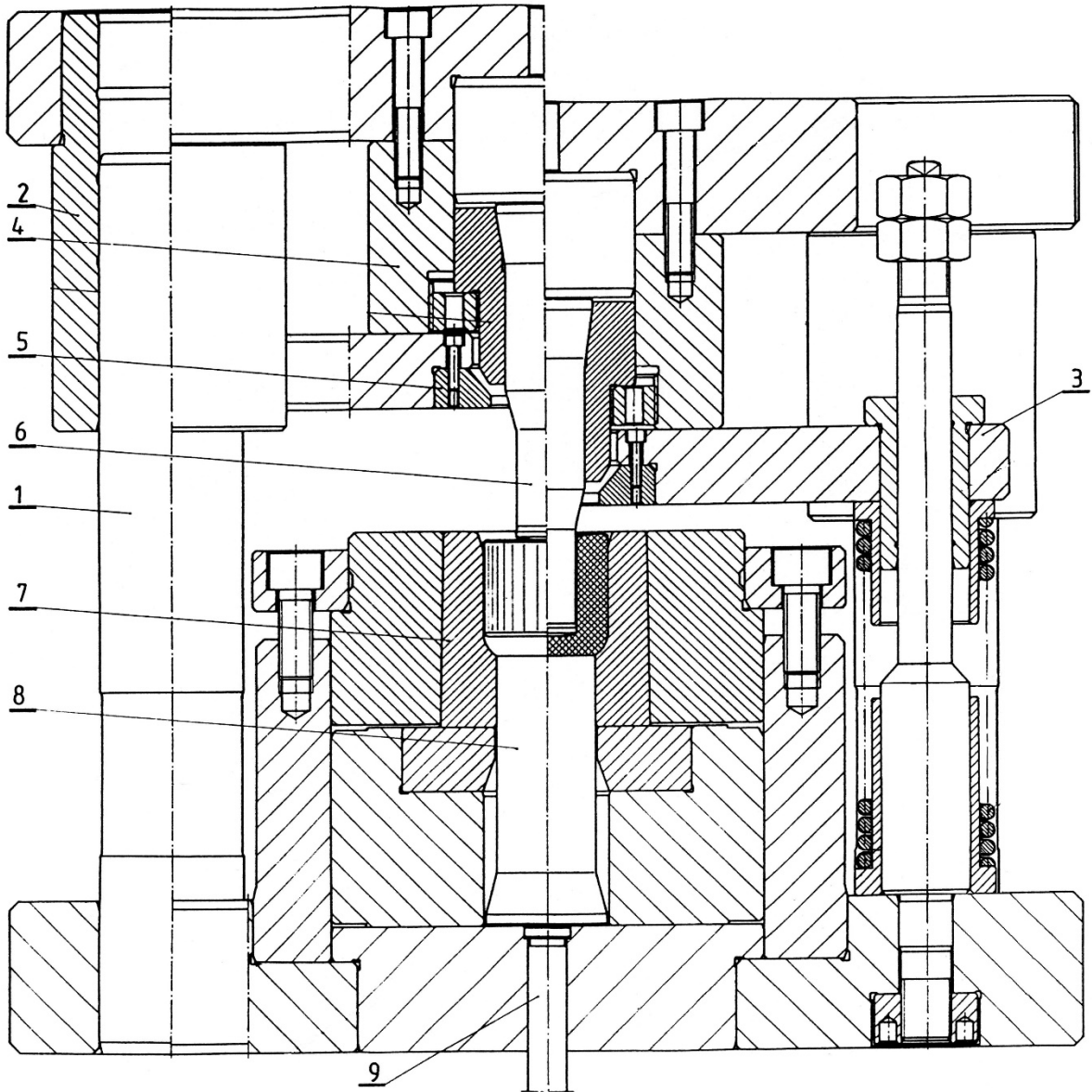
- 1) prasy hydraulicznej (z zasilaniem hydraulicznym i sterowaniem),
- 2) przyrządu do wyciskania,
- 3) aparatury pomiarowej.

2.1.1. Prasa hydrauliczna

Do wyciskania zaplanowano zastosować czterokolumnową nurnikową prasę hydrauliczną ogólnego przeznaczenia, o nacisku nominalnym 2500 kN, osiąganym przy ciśnieniu 35 MPa. Prasa nie ma dolnego wypychacza i otworu w stole. Siła ruchu powrotnego wynosi tylko 100 kN.

2.1.2. Przyrząd do wyciskania

Przyrząd do wyciskania pokazano schematycznie na rys. 11.8. Narzędziami kształtującymi są: stempel 6, wzmocniona matryca 7 i wypychacz 8. Współosiowość matrycy i stempla zapewnia czterostłupowe prowadzenie przyrządu (słup prowadzący 1 i tuleja 2). Dobrą jakość prowadzenia uzyskano przez zastosowanie czterech słupów o dużej średnicy i odpowiednio długich tulei prowadzących.



Rys. 11.8. Uniwersalny przyrząd do wyciskania (opis w tekście)

Podczas ruchu roboczego prasy kształtowany materiał wypływa przez szczelinę między ścianką otworu matrycy i stemplem. Zakończenie ruchu roboczego następuje w chwili oparcia się tulei 4 obsady stempla (za pośrednictwem płyty ściągacza 3) o pierścieni odległościowy, przymocowany do pierścienia wzmacniającego matrycy 7, nie pokazany na rysunku.

Przy powrotnym ruchu suwaka prasy wypraska może pozostać w gnieździe matrycy lub przesuwając się do góry razem ze stemplem. Do usunięcia wypraski z matrycy służy wypychacz 8, napędzany siłownikiem hydraulicznym, za pośrednictwem popychacza 9. Zdjęcie wypraski ze stempla umożliwia natomiast płyta 3 ściągacza.

Przyrząd ten jest uniwersalny, gdyż może służyć do wyciskania naczyń o różnych wymiarach, a także innych rodzajów wyprasek. W pewnych przypadkach wystarczająca może okazać się wymiana tylko stempla 6, matrycy 7, wypychacza 8, roboczego pierścienia 5 ściągacza 3 oraz pierścienia odległościowego.

Przyrząd do wyciskania zostanie ustawiony na płycie wypychacza hydraulicznego. Jest to typowy siłownik tłokowy z własnym napędem.

2.1.3. Aparatura pomiarowa

Aparatura pomiarowa, zastosowana w ćwiczeniu, umożliwia sporządzenie wykresu przedstawiającego przebieg siły wyciskania P w zależności od przesunięcia stempla s . Składa się ona z tensometrycznego czujnika ciśnienia, indukcyjnego czujnika przemieszczeń, odpowiednich przyrządów pomiarowych i komputera wyposażonego w kartę pomiarową.

Czujnik ciśnienia służy do pomiaru ciśnienia oleju doprowadzanego do głównego cylindra prasy. Dlatego też został on zainstalowany na przewodzie wysokiego ciśnienia. Czujnik przemieszczeń rejestruje przesunięcie suwaka prasy, a więc również stempla przyrządu do wyciskania.

Czujniki pomiarowe zamieniają ciśnienie i przesunięcie, a więc wielkości mechaniczne, na sygnały elektryczne, które po wzmocnieniu są rejestrowane w funkcji czasu w karcie pomiarowej.

Po uwzględnieniu charakterystyk wzorcowania i zastosowaniu odpowiedniego programu komputerowego, dane te umożliwiają wykreślenie przebiegu siły wyciskania P w zależności od przesunięcia stempla s .

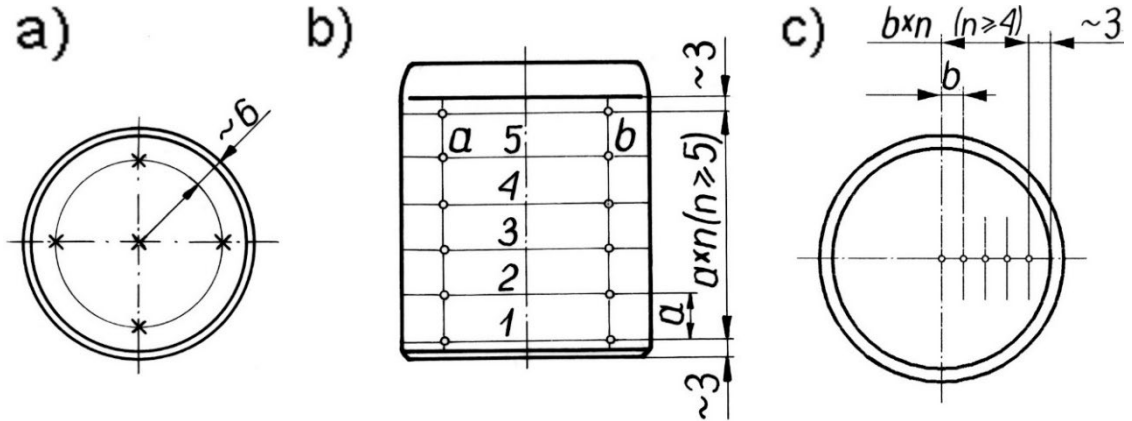
2.2. Wyciskanie naczyń

Poniżej zestawiono czynności związane z wyciskaniem przeciwbieżnym naczyń.

1. Przygotować arkusz pomiarowy. Powinien on zawierać charakterystykę materiału wstępniaka (rodzaj, równanie krzywej umocnienia), wymiary wstępniaka, wyniki pomiarów jego twardości, wymiary narzędzi (średnice robocze matrycy, stempla i wypychacza), wymiary wyciśniętego naczynia oraz obliczoną i zmierzoną siłę wyciskania.
2. Włączyć aparaturę pomiarową.
3. Wykonać pomiary wstępniaka.
4. Odnotować w arkuszu pomiarowym średnice robocze matrycy, stempla i wypychacza.
5. Zmierzyć twardość wstępniaka w miejscach pokazanych na rys. 11.9a. Dla wstępniaka stalowego stosować skalę A metody Rockwell'a, natomiast dla wstępniaków z metali nieżelaznych skalę F tej metody. Obliczyć średnią

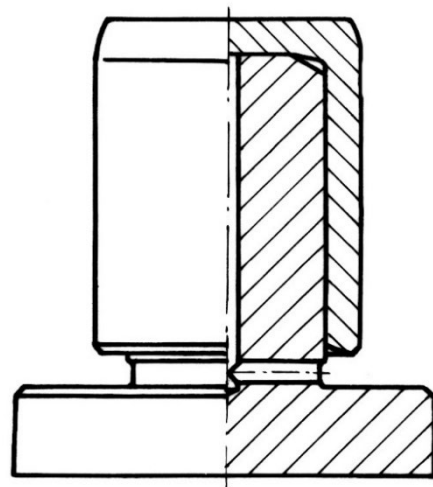
twardość wstępniaka. Posługując się tablicami porównawczymi określić średnią twardość HB wstępniaka.

6. Obliczyć siłę wyciskania.



Rys. 11.9. Położenie miejsc pomiarów twardości: a) wstępniaka, b) ścianki wypraski, c) dna wypraski

7. Wykonać wyciskanie naczynia z posmarowanego wstępniaka, rejestrując przebieg ciśnienia w cylindrze prasy i przesunięcie stempla.
8. Korzystając z charakterystyk wzorcowania oraz z odpowiedniego programu komputerowego sporządzić wykres przedstawiający przebieg siły wyciskania w funkcji przesunięcia stempla $P(s)$.
9. Na bocznej powierzchni wyciśniętego naczynia nanieść siatkę rys wg schematu pokazanego na rys. 11.9.b.
10. Wypraskę nasunąć na trzpień umożliwiający pomiar twardości dna (rys. 11.10) i oznaczyć miejsca przewidziane do pomiarów. Orientacyjne rozmieszczenie tych miejsc pokazano na rys. 11.9.c
11. Zmierzyć twardość dna wypraski w oznaczonych miejscach, stosując takie same metody, jak w p. 5. Wyniki pomiarów należy odnotować w dodatkowej tablicy.
12. Wykonać pomiary twardości bocznej ścianki wypraski w miejscach przecięcia rys, naniesionych zgodnie z p. 9. Wyniki pomiarów odnotować w tablicy wymienionej w p.11.
13. Zmierzyć grubość dna wypraski oraz określić wartość mimoosiowości jej powierzchni walcowych.



Rys. 11.10. Ustawienie wypraski do pomiarów twardości jej dna

3. Opracowanie sprawozdania

W sprawozdaniu powinny znajdować się następujące opracowania cząstkowe:

1. Starannie sporządzona i wypełniona karta pomiarowa.
2. Obliczenie siły operacji P , potrzebnej do realizacji planowanego w ćwiczeniu wyciskania naczyń oraz spodziewanych nacisków jednostkowych p i p_s , działających na walcową ściankę matrycy i czołową powierzchnię stempla. Obliczenia powinny uwzględniać charakterystykę umacniania wyciskanego materiału oraz wykres określający wartość współczynnika sprawności procesu η . Powinny również być uzupełnione niezbędnym opisem oraz omówieniem otrzymanych wyników.
3. Wklejony do sprawozdania wykres przedstawiający określony doświadczalnie przebieg siły wyciskania $P(s)$. Wykres powinien mieć wyznaczone osie, naniesione podziałki, a także przypisane niezbędne omówienie.
4. Określenie rzeczywistej wartości pracy zużytej na wykonanie operacji wyciskania, na podstawie znanego przebiegu siły $P(s)$ zarejestrowanej podczas realizacji procesu. Porównanie tej pracy z pracą obliczoną ze wzoru $L_{op} = P_{max} \cdot s_r$, w którym P_{max} oznacza największą siłę odczytaną z wykresu $P(s)$, a s_r – roboczy skok suwaka, określony na podstawie pomiarów wstępniaka i wypraski. Wszystkie obliczenia powinny być wykonane z odpowiednim omówieniem.
5. Porównanie wartości sił potrzebnych do realizacji operacji wyciskania, określonych drogą obliczeniową i doświadczalną. Porównanie wartości współczynnika sprawności procesu, odczytanego z wykresu zamieszczonego na rys. 11.4 oraz obliczonego na podstawie doświadczalnie wyznaczonej siły P_{max} i znanej charakterystyki umacniania wyciskanego materiału.
6. Starannie sporządzone tablice z wynikami wszystkich pomiarów twardości wstępniaka i wyciśniętej wypraski. Wykresy rozkładów twardości dla zewnętrznych powierzchni ścianki i dna wypraski, z omówieniem zmian twardości w stosunku do twardości wstępniaka.
7. Opis wyznaczania wartości mimoosiowości walcowych powierzchni wypraski. Omówienie przyczyn powstawania tej mimoosiowości i środki zapobiegające jej powstawaniu.

4. Pytania

1. Jak należy przygotować wstępniaki z niskowęglowej stali do przeciwbieżnego wyciskania naczyń o możliwie dużej względnej głębokości h_g/d_s ?
2. Jakie różnice występują w oporach tarcia między ścianką matrycy i materiałem dla przeciwbieżnego i współbieżnego wyciskania wyprasek trzpieniowych?
3. Jakie największe wartości stosunków głębokości naczyń do ich średnic wewnętrznych h_g/d_s można uzyskać dla naczyń wyciśniętych przeciwbieżnie z różnych materiałów?

4. Jakie są największe wartości stosunku h_g/d_s dla naczyń z czystego aluminium otrzymywanych w jednej operacji wytłaczania i wyciskania przeciwbieżnego?
5. Jak określa się odkształcenie zastępcze dla przeciwbieżnego wyciskania naczyń?
6. Jaką rolę odgrywa współczynnik sprawności procesu wyciskania η przy obliczaniu siły potrzebnej do jego realizacji?
7. Jak oblicza się pracę wyciskania?
8. Jak oblicza się naciski jednostkowe wywierane przez materiał na ściankę matrycy i powierzchnię czołową roboczej części stempla?
9. Jak za pomocą nomogramu, pokazanego na rys. 11.5, określa się naciski jednostkowe działające na czołową powierzchnię roboczej części stempla?
10. Jakie są cechy charakterystyczne przyrządów do wyciskania?
11. Jaka jest wartość siły potrzebnej do wyciśnięcia przeciwbieżnego naczynia stalowego o średnicy zewnętrznej 50 mm i wewnętrznej 30 mm, jeżeli do wyciskania zaplanowano użycie wstępniaka o wysokości 50 mm i twardości 100 HB? (Należy wykorzystać nomogram podany na rys. 11.5).
12. Jaka może być najmniejsza grubość ścianki wypraski wyciskanej przeciwbieżnie z wstępniaka o wysokości równej 0,8 średnicy, wykonanego ze stali o twardości 120 HB, jeżeli największe naciski jednostkowe, wywierane na ściankę matrycy nie mogą przekroczyć 1500 MPa? (Należy wykorzystać nomogram podany na rys. 11.5).

Literatura

- [1] Erbel S., Kuczyński K., Marciniak Z.: Techniki wytwarzania. Obróbka Plastyczna. PWN. PWN Warszawa 1986, s. 280 ÷ 288.
- [2] ICFG (International Forging Group): Data Sheet 2/70.