

Przyczyny pęknięcia wytłoczek oraz środki zmierzające do ich wyeliminowania

Nacisk stempla w funkcji jego przesunięcia przedstawiono dla operacji wytłaczania na rysunku 6.1.d. Zgodnie z poprzednimi rozważaniami nacisk ten jest ściśle związany z oporem plastycznym kołnierza : początkowo rośnie, a po osiągnięciu wartości $F_k^{\max}$ maleje, osiągając w końcowej fazie procesu zupełnie małą wartość F_t niezbędną do pokonania oporów tarcia.

Siła tłoczenia osiąga największą wartość przy przesunięciu stempla odpowiadającego ok. 0,3-0,5 wysokości gotowej wytłoczki. W tym właśnie momencie występuje niebezpieczeństwo obwodowego pęknięcia wytłoczki. Aby do tego nie dopuścić, proces musi być zrealizowany w ten sposób, żeby siła $F_k^{\max}$ była mniejsza od siły zrywającej wytłoczkę. W czasie wytłaczania musi więc być spełniony warunek:

$$F_k^{\max} < F^{zr} .$$

W celu zmniejszenia niebezpieczeństwa pęknięcia wytłoczki (zmniejszenia wartości współczynnika wytłaczania m_1 , równego odwrotności stosunku D/d), należy tak przeprowadzić proces wytłaczania, aby maksymalna siła ciągnienia kołnierza $F_k^{\max}$ była jak najmniejsza, zaś siła zrywająca F^{zr} – możliwie duża.

Można to osiągnąć przez:

- zaokrąglenia krawędzi pierścienia ciągowego możliwie dużym promieniem $r_m = (5 - 10)g$ (rys. 6.1.a), w celu zmniejszenia dodatkowego zaginania blachy na tej krawędzi,

- staranne wypolerowanie powierzchni roboczych pierścienia ciągowego i dociskacza, po których ślizga się kształtowana blacha oraz dobre smarowanie powierzchni trących; należy tu zauważyć, że tarcie pomiędzy stemplem a wewnętrzną powierzchnią wytłoczki nie jest szkodliwe, a nawet polepsza warunki tłoczenia powodując zwiększenie siły F^{zr} ;
- wykonanie możliwie dużych promieni zaokrąglenia krawędzi stempla $r_s > (4 - 6)g$ (rys. 6.1.a).

Przy zachowaniu możliwie optymalnych warunków tłoczenia współczynnik wytłaczania m_1 może osiągnąć wartości podane w tablicy (6.2)

TABLICA 6.2. Najmniejsze dopuszczalne wartości współczynnika wytłaczania m_1 . [3]

	2	1,5	1	0,6	0,3	0,15	0,08
$l=$	0,48	0,5	0,53	0,55	0,58	0,6	0,63

Wartości współczynnika m_1 zależą stosunkowo nieznacznie od rodzaju kształtowanego materiału, toteż dane liczbowe zawarte w tej tablicy stosować można do różnych gatunków stali miękkiej, mosiądzu, miedzi itp.

Analizując przebieg siły tłoczenia w funkcji przesunięcia stempla, należy zwrócić uwagę, że charakter tej zależności wynika bezpośrednio z mechaniki odkształcenia plastycznego kołnierza oraz zmieniających się warunków kontaktu pomiędzy materiałem a narzędziami. Początkowy wzrost siły jest związany z koniecznością zapoczątkowania płynięcia materiału oraz pokonania oporów tarcia i bezwładności struktury odkształconej na zimno. W tej fazie dominującym czynnikiem jest opór plastyczny materiału, który wzrasta wskutek umacniania odkształceniowego.

W miarę dalszego przesuwania się stempla wzrasta intensywność

odkształcenia, a materiał kołnierza ulega coraz większemu przemieszczeniu do wnętrza matrycy. Towarzyszy temu zwiększenie długości ścianek bocznych wytłoczki oraz zmniejszenie szerokości kołnierza. W tym zakresie procesu osiągnięta jest maksymalna wartość siły F_{kmax} , która stanowi punkt krytyczny z punktu widzenia bezpieczeństwa procesu. Jest to moment, w którym naprężenia rozciągające w materiale osiągają najwyższe wartości, co zwiększa ryzyko inicjacji pęknięcia.

Istotne jest, że lokalizacja maksymalnej siły przy przesunięciu odpowiadającym około 0,3–0,5 wysokości wyrobu nie jest przypadkowa. W tym momencie geometria układu powoduje najbardziej niekorzystny rozkład naprężeń – materiał jest jednocześnie intensywnie odkształcany w kołnierzu oraz rozciągany w strefie przejścia między dnem a ścianką boczną. Powstaje tam stan naprężenia zbliżony do dwuosiowego rozciągania, który jest szczególnie niebezpieczny dla materiałów o ograniczonej plastyczności.

Warunek $F_{kmax} < F_{zr}$ ma zatem fundamentalne znaczenie dla poprawnego przebiegu procesu. Siła zrywająca F_{zr} zależy przede wszystkim od właściwości mechanicznych materiału, takich jak granica wytrzymałości na rozciąganie, a także od aktualnej grubości ścianki oraz stanu naprężenia. W praktyce oznacza to, że zwiększenie F_{zr} można osiągnąć nie tylko poprzez dobór materiału o lepszych właściwościach plastycznych, ale również poprzez odpowiednie sterowanie przebiegiem procesu, tak aby unikać nadmiernego ścieńczenia ścianek.

Jednym z najważniejszych czynników wpływających na zmniejszenie siły F_{kmax} jest geometria narzędzi. Zastosowanie odpowiednio dużych promieni zaokrągleń zmniejsza koncentrację naprężeń oraz ogranicza dodatkowe odkształcenia wynikające z zaginania blachy. Ma to szczególne znaczenie na krawędzi pierścienia ciągowego, gdzie materiał zmienia kierunek przepływu. Zbyt mały promień prowadzi do lokalnego wzrostu naprężeń i może inicjować uszkodzenia materiału.

Równie istotna jest jakość powierzchni roboczych narzędzi. Chropowate powierzchnie zwiększają współczynnik tarcia, co bezpośrednio przekłada się na wzrost siły tłoczenia. Wysokie tarcie powoduje również nierównomierny przepływ materiału, co może prowadzić do lokalnych koncentracji odkształceń. Dlatego w praktyce przemysłowej stosuje się polerowanie narzędzi oraz odpowiednio dobrane środki smarne, które zapewniają stabilne warunki tarcia.

Interesującym zjawiskiem jest korzystny wpływ tarcia pomiędzy stemplem a wewnętrzną powierzchnią wytłoczki. W przeciwieństwie do tarcia w obszarze kołnierza, które jest niepożądane, tutaj tarcie zwiększa siłę zrywającą F_{zr} poprzez częściowe „podparcie” materiału i ograniczenie jego nadmiernego rozciągania. W efekcie poprawia to bezpieczeństwo procesu i zmniejsza ryzyko pęknięcia.

Współczynnik wytłaczania m_1 stanowi syntetyczny parametr opisujący trudność procesu i jego graniczne możliwości. Jego wartość zależy głównie od stosunku średnic oraz warunków tarcia i geometrii narzędzi. Im mniejsza wartość m_1 , tym większy stopień odkształcenia musi zostać osiągnięty w jednym przejściu, co zwiększa ryzyko uszkodzenia materiału. Dlatego w praktyce często stosuje się operacje wielostopniowe, w których całkowite odkształcenie jest rozłożone na kilka etapów.

Dane zawarte w tablicy wskazują, że wartości współczynnika m_1 są stosunkowo mało wrażliwe na rodzaj materiału, co wynika z podobieństwa mechanizmów odkształcenia plastycznego w metalach o strukturze krystalicznej. Niemniej jednak różnice w umacnianiu odkształceniowym, anizotropii czy zdolności do odkształceń mogą wpływać na rzeczywiste wartości dopuszczalne w konkretnych warunkach technologicznych.

Warto również podkreślić znaczenie kontroli parametrów procesu, takich jak prędkość tłoczenia. Zbyt duża prędkość może prowadzić do wzrostu oporów odkształcenia oraz niekorzystnych efektów cieplnych, natomiast zbyt mała może

obniżać wydajność procesu. Optymalizacja tych parametrów pozwala na osiągnięcie stabilnego przebiegu tłoczenia oraz minimalizację ryzyka wad.

Podsumowując, przebieg siły tłoczenia w funkcji przesunięcia stempla stanowi podstawowe narzędzie analizy procesu wytłaczania. Pozwala on na identyfikację momentów krytycznych oraz ocenę wpływu poszczególnych czynników technologicznych. Odpowiednie kształtowanie geometrii narzędzi, warunków tarcia oraz parametrów procesu umożliwia obniżenie maksymalnej siły ciągnienia i jednocześnie zwiększenie odporności materiału na pękanie, co jest kluczowe dla uzyskania wyrobów o wysokiej jakości.

Jeśli szukają Państwo pomocy w napisaniu własnej pracy - potrzebują Państwo fachowych konsultacji to polecamy stronę [pisanie prac](#) - profesjonalna pomoc w pisaniu prac w granicach prawa.