

PARAMETRY PROCESÓW OBKUWANIA LUF NA KOWARKACH DECYDUJĄCE O WŁASNOŚCI WYROBU

W pracy przedstawiono analizę procesu obkuwania lufy przedstawiając istotę procesu oraz czynniki procesu wytwarzania mogące wpływać na właściwości eksploatacyjne wyrobu. Zwrócono uwagę na geometrię kotłiny odkształcenia, geometrię narzędzi roboczych oraz procesy tarcia materiał narzędzie.

1. Wstęp

Zapotrzebowanie na broń lufową w okresie od jej powstania do dnia dzisiejszego spowodowało duży rozwój przemysłu zbrojeniowego. Wraz z postępowaniem przemysłu zbrojeniowego, konstrukcja broni, jej jakość i technologia wykonania zmieniają się lub są poddawane gruntownym modernizacjom z roku na rok.

Na rozwój broni lufowej mają wpływ, technologia produkcji i technologia materiałowa pozwalające na obniżanie kosztów wytwarzania, poprawę jakości i coraz ciekawsze rozwiązania konstrukcyjne.

Z wielu elementów składowych broni lufowej, lufa jest najważniejszą i najbardziej odpowiedzialną częścią każdej broni. Jakość wykonania lufy ma decydujący wpływ na właściwości użytkowe każdego egzemplarza broni. Dlatego też lufom stawiane są wysokie wymagania kształtowo – wymiarowe (dotyczące przede wszystkim przewodu lufy – zwykle bruzdowego), materiałowe i obróbkowe.

Bruzdowanie (gwintowanie) luf jest jedną z najbardziej odpowiedzialnych operacji, ponieważ po jej wykonaniu lufa otrzymuje ostateczne wymiary poprzecznego przekroju przewodu, żądaną dokładność, wymaganą czystość powierzchni przewodu oraz potrzebne pochylenie linii śrubowej bruzd.

Ważną metodą kształtowania przewodów luf broni strzeleckiej jest obkuwanie. Celem stosowania tej technologii, oprócz otrzymania wyrobu o złożonym kształcie i tolerancji wymiarów, jest wytworzenie odpowiedniej struktury materiału – najkorzystniejszej ze względu na złożone cechy użytkowe wyrobu.

Szczególne istotne, w przypadku kucia w kowarce, jest ustalenie nie tylko jakościowych lecz przede wszystkim ilościowych związków opisujących relacje między parametrami procesu a naprężeniami i odkształceniami obrabianego materiału. Należy zwrócić uwagę na rozkład odkształceń oraz odpowiedni dobór parametrów procesu, ze szczególnym uwzględnieniem siły kucia. Znajomość zjawisk zachodzących w kutyim materiale i odpowiedni dobór parametrów procesu pozwalają na właściwe projektowanie procesu obkuwania lufy broni strzeleckiej.

2. Istota procesu obkuwania

Obkuwanie luf broni strzeleckiej wykonuje się na kowarkach. Kucie na kowarkach jest procesem obróbki plastycznej, w którym wyrób kształtuje się z wlewków, drutów, prętów, kęsów, rur, tulei lub odkuwek, przez zginięcie uderzeniami następującymi po sobie z dużą częstotliwością.

W odniesieniu do konwencjonalnych procesów kucia lub walcowania proces kowarkowy cechuje wiele zalet, wśród których należy wyróżnić [9, 10]:

- powtarzalność warunków procesu kucia,
- osiąganie dużych stopni przekucia bez dogrzewania, na skutek małych strat cieplnych rekompensowanych ciepłem pracy odkształcenia plastycznego, co jednocześnie stwarza możliwość kucia stali wymagających przerobu w bardzo wąskim przedziale temperatur,
- dużą dokładność kucia (możliwość stosowania małych naddatków na obróbkę mechaniczną w przypadku kucia na gotowo),
- małą prędkość odkształcenia, co pozwala na przerób szerokiego asortymentu gatunków stali, a zwłaszcza wysokostopowych stali o ograniczonej odkształcalności,
- w przypadku kucia stali wysokostopowych, zwiększony uzysk spowodowany ograniczeniem pęknięcia materiału w trakcie kucia w kowarce w porównaniu z konwencjonalnymi metodami kucia,
- zwiększoną, w stosunku do kucia na prasach, wydajność.

Wymienione korzyści ze stosowania kowarek stanowią ich ogólną charakterystykę i odnoszą się do różnych typów tych urządzeń.

Celem stosowania procesu kucia jest zmniejszenie średnicy zewnętrznej wyrobu, nadanie jego przekrojowi poprzecznemu odpowiedniego kształtu oraz uformowanie wewnętrznego profilu.

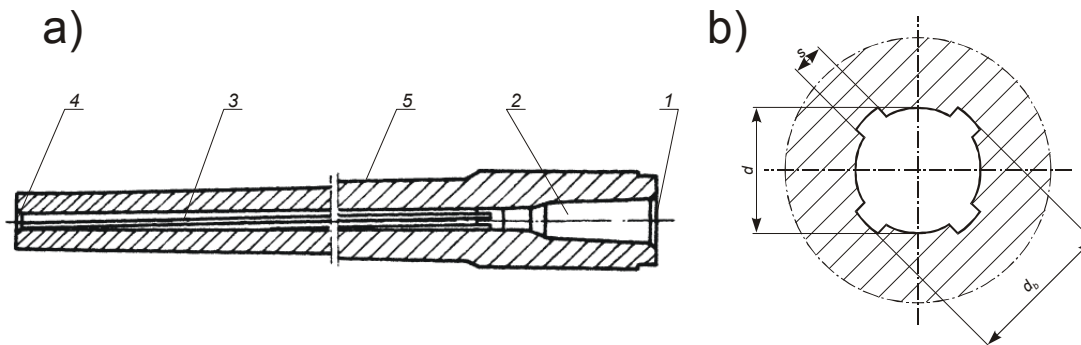
Zależnie od gatunku kutego materiału, koniecznego stopnia zmniejszenia przekroju, wymiarów zewnętrznych półfabrykatu, przeznaczenia wyrobu oraz możliwości technicznych dysponowanej maszyny, proces może być prowadzony na zimno lub na gorąco.

Zastosowanie procesu kucia do produkcji luf broni strzeleckiej (rys.1) ma na celu skrócenie czasu obróbki, zmniejszenie do minimum naddatków na obróbkę powierzchni zewnętrznej lufy. Po obkuwaniu przewód lufy charakteryzuje się wysoką jakością obróbki – dotyczy to zarówno dokładności wymiarowych jak i jakości powierzchni bruzd i pól przewodu.

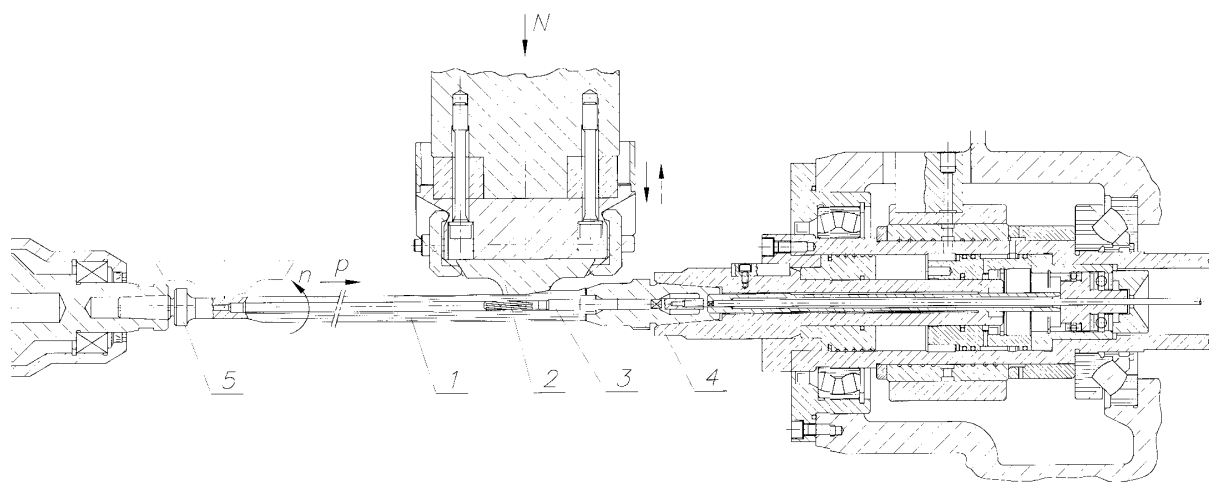
Proces obkuwania może być prowadzony na zimno lub na gorąco, jednak ze względów wytrzymałościowych i strukturalnych lufy są najczęściej kute na zimno.

Bruzdowanie metodą obkuwania przeprowadza się czterema młotkami uderzającymi z siłą około 1 250 kN/młot i częstotliwością od 500 do 1000 uderzeń na minutę. Zmiana kształtu przewodu następuje w wyniku zginięcia materiału uderzeniami kowadełek [2, 11].

Zasada bruzdowania metodą obkuwania przedstawiono na rysunku 2. Przedmiot obrabiany – lufa (1) zamocowana w głowicy mocującej kowarki (4) i podparta w podtrzymańcu kowarki (5) wykonuje ruch posuwowy z prędkością p . Narzędzia – kowadełka (młotki) (2) znajdujące się w głowicy kuziennej kowarki – wykonują uderzenia z dużą częstotliwością ν i naciskami jednostkowymi N .



Rys. 1. a) Budowa lufy [1]: 1 – wlot, 2 – komora nabojowa, 3 – przewód, 4 – wylot, 5 – płaszcz; b) Kształty i wymiary przewodu lufy (przekrój poprzeczny): d – średnica pól, d_b - średnica bruzd, s – szerokość bruzd



Rys. 2. Schemat obkuczania lufy na kowarce [2]

Proces obkuczania charakteryzują cztery zasadnicze ruchy względne narzędzia i obrabianego przedmiotu:

- ruch posuwowy obrabianego przedmiotu wraz z trzpieniem,
- ruch obrotowy obrabianego przedmiotu,
- ruch posuwowo – wgłębny kowadełek,
- ruch skokowy kowadełek.

Podczas kucia obrabiany przedmiot obraca się i przesuwa, a trzpień powoli wykręca się z bruzdowanego przewodu. Po ukształtowaniu przewodu lufy, t.j. części bruzdowanej trzpień zatrzymuje się i następuje kształtowanie komory nabojowej według drugiego odcinka części roboczej trzpienia. Kształty geometryczne lufy zapewniają ruchy: obrotowy i posuwowy lufy oraz ruch wgłębny kowadełek. Ruch skokowy kowadełek wywołuje proces odkształcania materiału. Ruchy kowadełek i lufy są ze sobą ściśle powiązane poprzez program sterowania obrabiarki. Ze względu na to, że kowadełka uderzają z dużą częstotliwością w materiał obrabiany, następują przemieszczenia względnie małych objętości materiału, przez to nie występują duże naciski jednostkowe i duże energie odkształcania. Poprzez zastosowanie odpowiednich posuwów i częstotliwości uderzeń kowadełek

uzyskujemy bardzo dużą wydajność obrabiarki, przy stosunkowo niewielkim zużyciu części roboczych oraz oszczędności w postaci mniejszego zużycia energii.

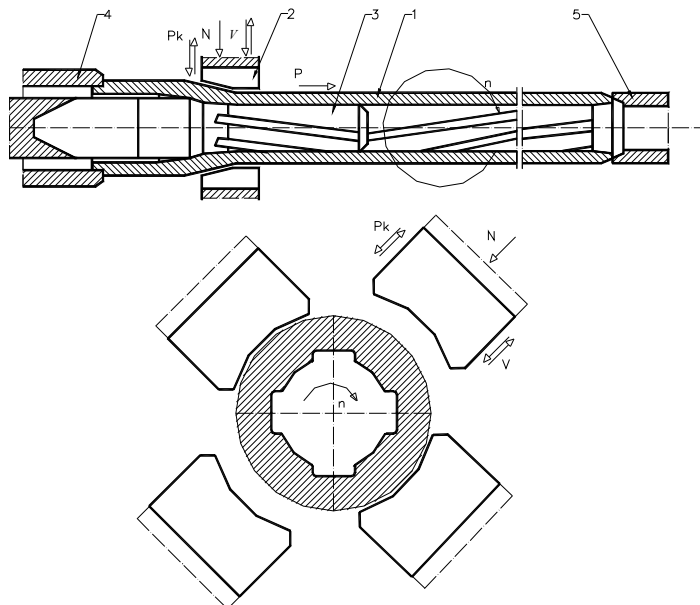
Lufy najczęściej obkowane są na trzpieniu krótkim. Trzpień długi stosowane są do obkowania luf o przewodzie stożkowym. Trzpień te charakteryzują się niewielką zbieżnością wymiarową kalibru przy wylocie lufy w stosunku do kalibru przy komorze nabojeowej. Lufy te mają większy wymiar kalibru – o kilka tysięcznych milimetra – przy komorze nabojeowej, w stosunku do wymiaru przy wylocie lufy [3,4].

Czas obkowania luf karabinowych o długościach do 600 mm i kalibrach do 9 mm wynosi $120 \div 180$ s, zaś luf o tych samych parametrach wraz z komorą nabojeową $180 \div 240$ s [2].

Zaletą omawianego procesu jest wyeliminowanie pracochłonnych operacji obróbki komory nabojeowej oraz operacji obróbki wstępnej płaszczka lufy. Przy stosowaniu bruzdowania obkowaniem uzyskuje się znaczną współosiowość komory nabojeowej i przewodu lufy.

3. Konstrukcja narzędzi używanych do obkowania luf broni strzeleckiej

Kowadełka i trzpień stanowią podstawowe narzędzia kształtujące lufę (rys. 3).



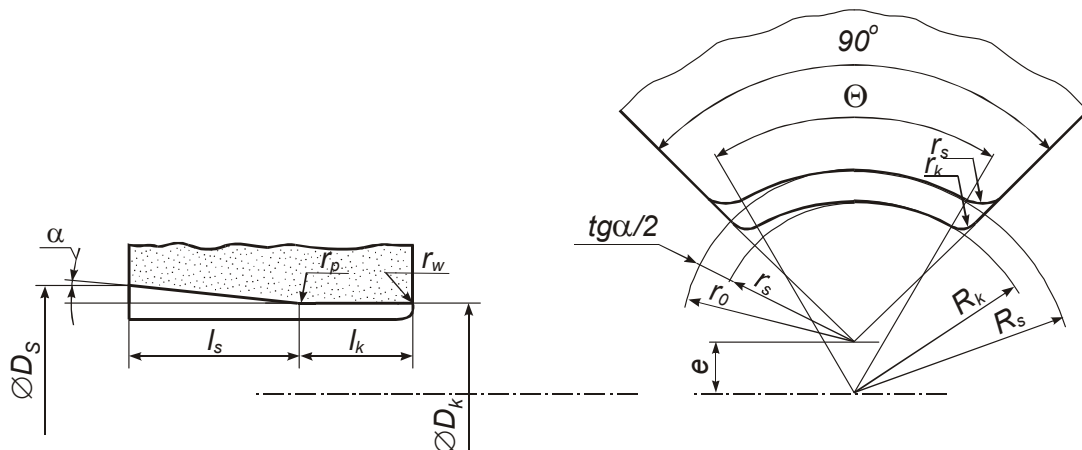
Rys. 3. Bruzdowanie luf obkowaniem [4]: 1 - lufa, 2 - kowadełka, 3 - trzpień, 4 - głowica mocująca, 5 - podtrzyma; n - prędkość obrotowa lufy, p_k - posuw kowadełek, N - nacisk kowadełek, ν - częstotliwość

Przy konstruowaniu narzędzi należy brać pod uwagę kształt odkuwki, dokładność jej wykonania oraz gładkość powierzchni.

Uzyskanie odpowiedniej jakości odkuwki zależne jest bezpośrednio od geometrii narzędzi i dokładności ich wykonania.

Dla odkuwek walcowych, jakimi są lufy broni strzeleckiej, kowadełka mają postać bloczków, na których przeciwległych bokach są wykonane wykroje robocze.

Podstawowymi wymiarami kowadełek są wymiary wykroju (rys. 4) – parametry geometryczne: długość części odkształcającej (stożkowej) l_s , długość części kalibrującej l_k , kąt pochylenia części odkształcającej α , promień zarysu części odkształcającej R_s , kąt opasania materiału Θ , promień zarysu części kalibrującej R_k , promień zaokrąglenia na przejściu powierzchni stożkowej i walcowej r_p , promień zaokrąglenia na przejściu powierzchni walcowej i czołowej r_w , oraz promienie zaokrąglenia na przejściu powierzchni roboczych (stożkowej i walcowej) i powierzchni zderzakowych r_s i r_k .



Rys. 4. Parametry geometryczne wykroju kowadełek [12]

Wartości kątów pochylenia części odkształcającej Θ określone są z jednej strony przez zjawisko naruszania spójności materiału, a z drugiej przez trwałość kowadełek. W przypadku mniejszych kątów występują większe opory odkształcenia, zwiększa się obciążenie i zmniejsza się trwałość kowadełek. Natomiast w przypadku większych kątów występuje niebezpieczeństwo naruszania spójności materiału. Optymalnym kątem Θ jest taki, przy którym występująca nierównomierność odkształcenia nie spowoduje wyżej wymienionych zjawisk. Wartości te, zależnie od właściwości wynoszą $8 \div 16^\circ$. W operacjach obkuczania luf kąty pochylenia części odkształcającej wynoszą ok. 12° . Te same względy decydują o wartościach kąta opasania materiału Θ . W praktyce, w operacjach obkuczania luf, kąty opasania materiału dla jednego kowadełka wynoszą ok. 35° (w przypadku obkuczania czterema kowadełkami kąty Θ opasania dla jednego kowadełka wynoszą ok. 140°) [8].

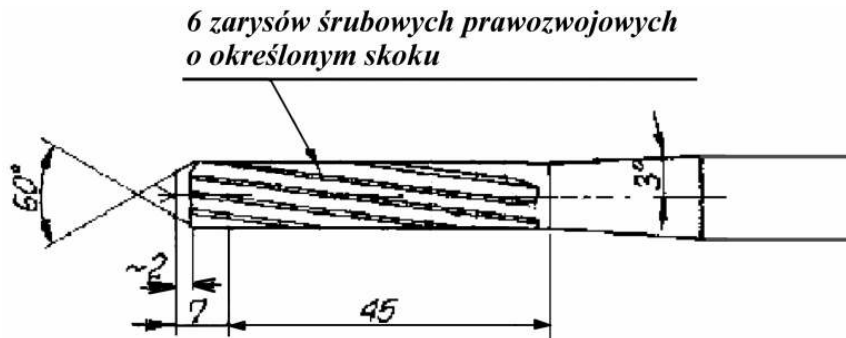
Dokładność wymiarów roboczych kowadełek przyjmuje się o klasę wyższą od dokładności wymiarów odkuwki, a chropowatość powierzchni roboczych o dwie klasy niższą od chropowatości powierzchni odkuwki (ale nie może być ona niższa od chropowatości $R_a = 0,32 \mu\text{m}$).

Ważnym parametrem do oznaczenia kompletu kowadełek jest ich wymiar podstawowy. Informuje on o najmniejszej średnicy kucia, jaką można osiągnąć za pomocą właściwego kompletu kowadełek (*wymiar podstawowy = szerokość w świetle między kowadełkami, gdy są one w położeniu końcowym – „do środka kucia”*). Oznacz to, że jeżeli zestaw kowadełek ma wymiar podstawowy np. 20, to najmniejsza, osiągnięta przy ich użyciu, średnica kucia wynosi 20 mm [2].

Możliwe jest regenerowanie zużywających się kowadełek przez szlifowanie, które należy przeprowadzać w komplecie i w jednym „zamocowaniu” tak, aby wszystkie kowadełka kompletu miały równą wysokość oraz takie same wymiary

liniowe i kątowe. Szlifowanie można przeprowadzać na odpowiedniej szlifierce do płaszczyzn.

Trzpienie (rys. 5) stosowane są do dokładnej obróbki przewodu lufy (na gotowo), poprzez jedno przejście kowadełek. Obkucie lufy na trzpieniu odwzorowuje wewnętrzny zarys gwintu (pola i bruzdy).



Rys. 5. Schemat trzpienia stosowanego do obkucia PM Glauberyt [2]

Bardzo ważne znaczenie w operacjach obkucia ma odpowiedni dobór parametrów geometrycznych, trzpienia i kowadełek. Wymiary trzpienia określone są przez wymiary przewodu lufy i komory naboju. W obliczeniach (doborze) wymiarów trzpienia należy uwzględnić grubość warstwy chromu w przewodzie i komorze naboju.

W zależności od rodzaju broni przewody luf mogą być obkucane wraz z komorą naboju lub ze względów technologicznych bez niej.

Ze względu na możliwość zacierania się powierzchni trzpienia i rysowania obrabianej powierzchni wewnętrznej, konieczna jest duża gładkość tego narzędzia. Nie może być ona mniejsza od żądanej na odkuwce.

Dokładność wykonania trzpieni przyjmuje się wyższą o jedną klasę w stosunku do dokładności wykonania odkuwki [8].

W materiale wyjściowym średnica przewodu, ze względu na swobodne wprowadzenie trzpienia, jest o ok. 0,1 ÷ 0,2 mm większa od największej średnicy komory naboju.

Duże znaczenie posiada również gatunek materiału z którego wykonano narzędzia. Kowadełka wykonuje się ze stali narzędziowych i szybko tnących, twardych stopów oraz węglików spiekanych. Kucie materiałów trudno odkształcalnych wymaga stosowania kowadełek ze stali specjalnych nawęglanych na głębokość 2 ÷ 3 mm i hartowanych. Małe kowadełka można również wykonywać ze stali wysoko-węglowych o zawartości 1,4 % C, średnie - ze stali o zawartości 0,25 % C, a duże - ze stali o zawartości 0,60 % C [9].

Małe kowadełka hartuje się na głębokość do około 4 mm - do twardości 62 - 64 HRC. Duże kowadełka winny być zahartowane do twardości 50 – 60 HRC ze stopniowym spadkiem tej twardości od powierzchni do rdzenia.

Kowadełka wykonane ze stali narzędziowych o dużej zawartości wanadu, hartuje się do twardości 65 ÷ 67 HRC na powierzchni. Materiały używane na kowadełka do obróbki stali na zimno powinny wytrzymać naciski jednostkowe w granicach 1 500 ÷ 2 000 MPa [2].

W procesie obkuwania luf broni strzeleckiej stosowane są najczęściej trzpienie i kowadełka wykonywane z węglików spiekanych (gat. G). Narzędzia takie odznaczają się szczególnie wysoką odpornością na zużycie.

Do kucia przedmiotów o małych przekrojach poprzecznych najlepsze są kowadełka hartowane na wskroś.

4. Parametry charakteryzujące procesy obkuwania luf na kowarkach

Dobór odpowiednich parametrów procesu ma decydujący wpływ na konstrukcję i technologię wykonania wyrobu. W procesie obkuwania luf na kowarkach właściwy dobór tych parametrów powinien zapewnić:

- współosiowość przewodu lufy względem komory nabożowej,
- wysoką dokładność wymiarową,
- stałą grubość ścianki na całej długości wyrobu,
- gładkość powierzchni wyrobu.

Wymiary odkuwki ustala się na podstawie wymiarów konstrukcyjnych lufy i analizy możliwości technologicznych procesu obkuwania – głównie pod względem dokładności wymiarów i chropowatości powierzchni.

Parametry procesu obkuwania wyznaczają [2]:

- a) wymiary kowadełek,
- b) maksymalny stopień odkształcenia,
- c) siła kucia (przy średnich naciskach jednostkowych 3500MPa, siła obkuwania luf karabinowych ma wartość w granicach 800÷1000kN,
- d) wartość posuwu materiału,
- e) wydajność kowarki.

Duże wpływ na przebieg zjawiska kształtowania wyrobu ma prędkość posuwowa i obrotowa materiału lufy. Parametry te zależą od częstotliwości uderzeń kowadełek. Ustalamy ją doświadczalnie lub analitycznie. Współczesne kowarki zapewniają częstotliwość uderzeń kowadełek około $\nu = 1000$ [uderzeń/minutę].

Ze względu na dokładność obróbki oraz trwałość kowadełek, kąt obrotu lufy przypadający na jedno uderzenie kowadełek φ przyjmuje się na poziomie ok. 30°/1 uderzenie. Zatem podczas jednego obrotu lufy o 360° kowadełka uderzają 12 razy.

Ze względu na wydajność obróbki i trwałość kowadełek posuw na jedno uderzenie ustala się w granicach 0,1 ÷ 0,15 [mm/1 uderzenie].

Obliczenia są podstawą wstępnego doboru podstawowych parametrów dla procesu technologicznego obkuwania luf. Do dokładnego przeprowadzenia procesu niezbędna jest wnikliwa analiza obliczeń oparta na badaniach doświadczalnych przeprowadzonych w warunkach produkcyjnych [5].

5. Geometryczna kotlina odkształcenia. Strefy odkształcenia

Geometria kotliny odkształcenia przy kuciu w czterokowadełkowej kowarce, zbieżno - walcowymi kowadłami, zależy od sposobu podawania materiału (ruchem

prostym lub złożonym), geometrii kutego pręta, cech geometrycznych kowadeł oraz wielkości gniotu i podania.

W przypadku podawaniu materiału ruchem złożonym wielkościami charakteryzującymi kotlinę odkształcenia są [10]:

- wielkość podania materiału między kolejnymi uderzeniami,
- kąt obrotu między kolejnymi uderzeniami kowadeł,
- stopień przylegania,
- długość i szerokość ogniska odkształcenia oraz kąt pochylenia powierzchni roboczych kowadła,
- geometria wsadu i wyrobu,
- gniot pojedynczego uderzenia kowadeł oraz całkowity gniot w przepuście.

Pomijając kąt obrotu między kolejnymi uderzeniami kowadeł, te same cechy charakteryzują kotlinę odkształcenia przy podawaniu materiału ruchem prostym. Obszar odkształcenia można określić jako objętość zawartą pomiędzy płaszczyznami wejścia i wyjścia, powierzchniami kontaktu z kowadłami oraz powierzchniami swobodnymi pręta, które nie są objęte kowadłami.

Kształt oraz wielkość powierzchni styku z kowadłami, a tym samym powierzchni swobodnych pręta zależą od;

- sposobu podawania materiału,
- kąta pochylenia części roboczej kowadła,
- wielkości gniotu,
- wielkości posuwu materiału,
- średnicy pręta przed kuciem.

Dla kucia według kalibrowania koło - koło kotlina odkształcenia na całej długości jest asymetryczna wskutek obrotowego ruchu materiału. Odcisk pozostawiony po trafieniu kowadła tylko częściowo nakłada się na odcisk pozostawiony przez kowadło poprzednie. Zjawisko to jest wywołane jednoczesnym ruchem obrotowym i posuwowym materiału.

Jest to również powodem wydłużenia części kalibrującej poza wielkość posuwu. Na całej długości kotliny odkształcenia gniot na szerokości jest nierównomierny i zmienia się jego wielkość. Dla odmiany - przy podawaniu materiału ruchem prostym, pomijając strefy brzegowe, gniot na szerokości kowadła jest równomierny.

W kotlinie odkształcenia (rys. 6), wyodrębnione są:

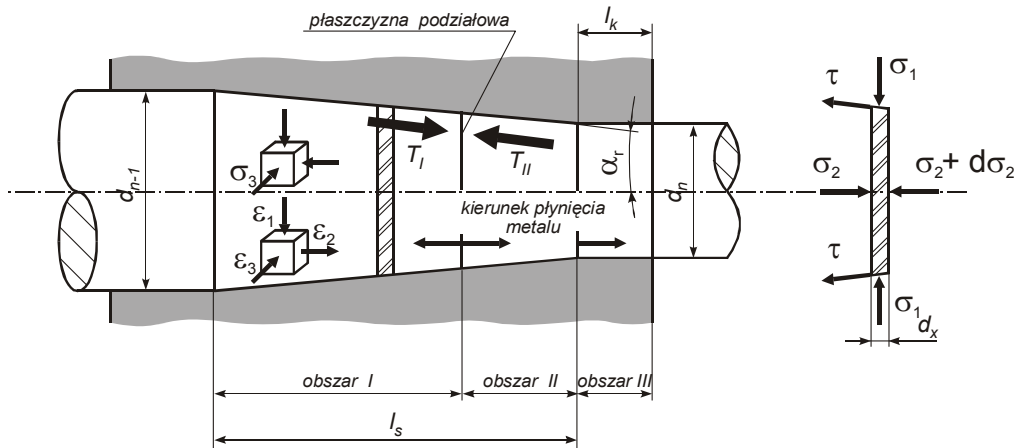
- strefa redukcji przekroju (l_s),
- strefa kalibrująca (l_k).

Ze względu na zróżnicowanie kierunków płynięcia metalu, a tym samym zróżnicowanie kierunków działania sił tarcia na powierzchni kontaktu odkształcany metal - narzędzie, w kotlinie odkształcenia wyróżnia się trzy strefy odkształceń.

W strefie redukcji przekroju występują obszary I i II rozdzielone płaszczyzną podziałową. Obszary te charakteryzują się przeciwnym kierunkiem działania sił tarcia, podobnie jak występuje to w procesie walcowania.

Obszar III usytuowany jest w strefie kalibrującej i cechuje się takim samym kierunkiem przemieszczania metalu oraz kierunkiem działania sił tarcia, jak obszar II. W modelu tym przyjmuje się, że w strefie redukcji przekroju (l_s), wskutek działania sił

nacisku kowadeł, materiał podlega obwodowemu ściskaniu, natomiast siły tarcia na powierzchni kontaktu z narzędziem powodują występowanie naprężenia ściskającego w kierunku osiowym. Materiał poddawany jest wszechstronnemu nierównomiernemu naprężeniu ściskającemu. Schemat odkształceń głównych, przy dokonanych założeniach, obejmuje obwodowe skracanie z wydłużeniem w kierunku osi pręta.



Rys. 6. Schemat kotliny odkształcenia przy kuciu stożkowo – walcowym kowadłami [10]

Na intensywność procesu odkształcania i charakter płynięcia metalu wpływa geometria powierzchni roboczych kowadełek

W pracach badawczych [10] stwierdza się, że schemat mechaniczny odkształcenia w kowarkach zależy od kształtu powierzchni i kąta pochylenia kowadeł, kąta opasania, sposobu ruchu kowadeł oraz wielkości gniotu i wielkości podania materiału.

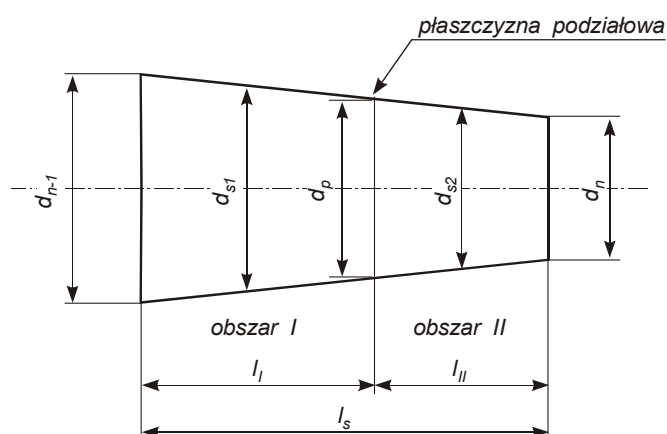
6. Wpływ procesów tarcia metal – kowadełko na sposób płynięcia metalu w strefie odkształcenia

Jedną z podstawowych przyczyn nierównomiernego płynięcia metalu w strefie odkształcenia [9] jest tarcie na powierzchni styku metalu z kowadłkiem. Ze wzrostem sił tarcia zmniejsza się prędkość płynięcia metalu przy przejściu od warstw leżących w osi obrabianego przedmiotu do warstw leżących przy jego powierzchni.

Drugim czynnikiem oddziałującym na nierównomierne płynięcie jest kąt pochylenia kowadeł α_r , którego wzrost prowadzi do zwiększenia nierównomierności płynięcia metalu.

Przyjęto założenie, że przy kuciu w kowarce, podobnie jak w procesie walcowania, nierównomierność odkształceń w przekrojach poprzecznych zależy od względnej długości kotliny odkształcenia l_s / d_g (rys. 7) [10].

Analizując warunki płynięcia metalu oddzielnie dla obszarów I oraz II przy uwzględnieniu zmiennych stosunków l_s / d_g dla tych stref stwierdzono, że zmiana prędkości płynięcia w obszarze I zależy jedynie od tarcia. Natomiast dla obszaru II, wskutek zmniejszenia oporów płynięcia metalu w stronę zbieżności stożka, wzrasta prędkość płynięcia metalu w przekrojach poprzecznych, od warstw wierzchnich ku środkowi [7,9,10].



Rys. 7. Względna długość kotliny odkształcenia, zależna od położenia płaszczyzny podziałowej [10]

7. Podsumowanie

Proces kucia podobnie jak inne procesy technologiczne stosowane do bruzdowania luf określa charakterystyczne dla danego procesu parametry. Parametry technologiczne warunkują o przydatności danej metody wytwarzania w procesie produkcyjnym.

Od parametrów tych zależy przydatność stosowania danej metody w aspektach konstrukcyjnych i ekonomicznych, a jej wady i zalety decydują o nowych tendencjach rozwojowych technologii wytwarzania. Obkuwanie na kowarkach zapewnia uzyskanie [1,5,6]:

- ◆ dla kucia na zimno odchyłek wymiarowych średnicy zewnętrznej $\pm 0,1$ mm;
- ◆ odchyłek wymiarowych średnicy wewnętrznej $\pm 0,01$ mm;
- ◆ gładkości powierzchni wewnętrznych $R_a=0,16 \mu\text{m}$;
- ◆ gładkość powierzchni zewnętrznych – $R_a=0,32 \mu\text{m}$;
- ◆ błąd bicia 0,02 – 0,3 mm. bez prostowania w zależności od wielkości odkuwki i parametrów procesu;
- ◆ wzrost wszystkich wskaźników charakteryzujących opór odkształcenia materiału, na skutek umocnienia materiału.

Własności te decydują o dokładności wykonania luf karabinowych wraz z komorą nabojeową. Analiza zjawisk występujących w procesie obkuwania na zimno świadczy o ich wielce pozytywnym wpływie na trwałość eksploatacyjną luf broni strzeleckiej, a tym samym przemawia za celowością użycia w/w procesu. Niestety ważne jest to, że zjawiska te można w pełni kontrolować poprzez odpowiedni dobór parametrów obróbki.

Zaletą metody obkuwania luf broni strzeleckiej w kowarkach jest duża wydajność obróbki, wysoka powtarzalność wymiarów, małe zużycie materiału, a także możliwość wykonania w jednej operacji przewodu lufy i komory nabojeowej. Czas całkowity tej operacji wynosi około 180 ÷ 240 s. Dane dotyczące czasu obróbki jednego egzemplarza lufy są nieporównywalne z czasami uzyskiwanymi w innych metodach.

Po obkuwaniu otrzymuje się wstępnie obrabiony płaszcz lufy, który wymaga niewielkich naddatków na obróbkę skrawaniem. Dzięki zautomatyzowaniu pracy kowarki przy użyciu wysoko wytrzymałych narzędzi (trzcienie, kowadełka) proces odbywa się bardzo płynnie. Trzcienie kształtujący znosi obkucie ponad 4 tysięcy luf, bez jakichkolwiek zmian wymiarowych przewodu.

Uwagi wymaga stosowanie po obkuwaniu dalszej obróbki wyrobu. Usuwane są wtedy warstwy materiału o różnych grubościach – mniejszych w pobliżu komory naboowej, a większych przy wylocie lufy. Narusza to istniejący stan naprężeń i stwarza niebezpieczeństwo powiększania się średnicy przewodu na długości lufy (zwłaszcza jest to możliwe w przypadku luf o znacznych stopniach średnic na długości), co może być przyczyną zmniejszenia celności i zwiększenia jej rozrzutu. Istnieje też zagrożenie wynikające z nierównomierności zgniotu (w przypadku niejednorodności materiału lufy lub dużych stopni średnic i komory naboowej), mogącej, przy intensywnych obciążeniach cieplnych, wywołać różnorodność odkształceń i skrzywienie lufy. Ponadto należy liczyć się z wystąpieniem niejednorodności odprężania podłoża i związanego z tym pęknięcia warstwy chromu w przewodzie lufy.

7. Literatura

- [1] Białczak B.: Podstawy budowy broni lufowej. WPS, Kielce 1988
- [2] Dokumentacja techniczna FB „Łucznik”
- [3] Głowicki H.: Budowa i eksploatacja broni lufowej i amunicji (część II) WAT Warszawa 1987
- [4] Górski E.: Podstawy technologii uzbrojenia. WPW, Warszawa 1990
- [5] Gwardiak P.: Analiza kształtowania luf karabinowych technologiami bezwiórowymi. Praca magisterska Politechniki Radomskiej. Radom 1998
- [6] Jezierski J.: Analiza tolerancji i niedokładności pomiarów w budowie maszyn. WNT, Warszawa 1994
- [7] Kowalczyk T.: Projekt konstrukcyjny części typu rura grubościenna, Praca magisterska WSI Radom 1987,
- [8] Kwaśniak J.: Technologia broni strzeleckiej (część I). Technologia luf. WPR, Radom 1990
- [9] Lipski T.: Kucie na kowarkach. PWN, Warszawa 1979
- [10] Piela A.: Zastosowanie numerycznej symulacji do analizy i projektowania technologii kucia w kowarkach. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Zeszyt 52. Gliwice 1996
- [11] Rudnicki E., Kilian B.: Metody wykonywania luf broni strzeleckiej. Opracowanie ZM „Łucznik” (niepublikowana)
- [12] Zagdański Z.: Zjawiska zachodzące w materiale lufy wykuwanej na kowarce. Praca magisterska Politechniki Radomskiej. Radom 2001