

Dokument należy cytować w następujący sposób:

Ł.Morawiński, K.Kulikowska, L.Olejek: „Obliczenia konstrukcyjne matrycy wzmacnianej (duży rozmiar do przyrządu WWko_#26o20 do wyciskania współbieżnego półwyrobów walcowych z wyprasek UFG po operacji mtECAP)”. Raport grupy UFGbySPD. Instytut Technik Wytwarzania. Warszawa 2018-2020

Wykonanie matrycy wzmacnianej (duży rozmiar) dla WWko bez prowadzenia

Obliczenia dla matrycy do przyrządu WWko_#26o20 do wyciskania współbieżnego półwyrobów walcowych z wyprasek UFG po operacji mtECAP

SPIS TREŚCI

Cechy zestawu narzędziowego.....	2
Cechy STEMPŁA	2
Cechy zespołu MATRYCY.....	2
Wtłaczanie WKŁADKI matrycowej w OBEJME.....	3
Konstrukcja i zabudowa zespołu matrycy	3
Obliczenia wg zaleceń dla matryc obciskanych.....	3
Opracowanie rysunków wykonawczych	4
Opracowanie instrukcji dla obciskania.....	5
Ocena wykonania połączenia wciskowego	7
Pomiary otworu wewnętrznego przed i po obciśnięciu.....	7
Montaż przyrządu.....	8
Literatura	9

CECHY ZESTAWU NARZĘDZIOWEGO

Przyrząd WWko_#26o20 służy do wytwarzania przez wyciskanie współbieżne walcowych wstępniaków z wyprasek o przekroju kwadratowym, które uzyskuje się w operacji stacjonarnego przeciskania ECAP (duży rozmiar #26). W przyrządzie można mocować zestawy narzędziowe, które składają się ze stempla, dopasowanego do prostopadłościennego otworu wejściowego matrycy, i wymiennych zespołów matrycy wzmacnianych przez obciskanie. Matryce różnią się wymiarami przekroju poprzecznego kołowego otworu roboczego, który jest dostosowany do przeznaczenia wytwarzanych wyciskaniem wyprasek. Potrzebny jest jeden rodzaj walcowych wyprasek o średnicy $\rightarrow \phi 20$. Wypraski będą wyciskane ze wstępniaków pochodzących z wyprasek po ECAP. Przewiduje się rozpatrzenie możliwości wyciskania w dwóch odmianach:

1. z wykorzystaniem całych wyprasek po operacji ECAP, wkładanych do otworu wejściowego matrycy
2. z użyciem fragmentów wyprasek, które po operacji ECAP będą skracane (najlepiej przez przecięcie w połowie długości)

Do realizacji odmiany (1) potrzebny jest zestaw z długim stemplem, wysoka matryca i prasa o odpowiednio dużej przestrzeni roboczej i skoku suwaka. Po sprawdzeniu możliwości wykonania takiego zestawu narzędziowego przyrząd zostanie przymierzony do dostępnej prasy. Po sprawdzeniu zgodności specyfikacji prasy z wymaganiami technologicznymi planowanego wyciskania zostanie podjęta decyzja o wdrożeniu jednej z ww. odmian konstrukcyjnych zestawu narzędziowego.

Matryca przyrządu WWko_#26o20 ma służyć do wytwarzania walcowych półwyrobów z metalu UFG pochodzącego z prostopadłościennych wyprasek o przekroju kwadratowym, które uzyskuje się w wydajnej operacji przeciskania mtECAP (duży rozmiar #26 dostępny w przyrządach TD2-2 \times 90° i TDz-2 \times 110°, które przystosowano do pracy na linii dużych¹ pras hydraulicznych w pracowni grupy badawczej **UFGbySPD**.

Cechy STEMPLA

Robocza część stempla do wyciskania współbieżnego ma kształt prostopadłościanu. Prostopadłościenna głowa stempla ma wymiary poprzeczne dopasowane do wielkości otworu wejściowego matrycy. Rysunek techniczny stempla zostanie zaakceptowany po przyjęciu jednej z rozważanych dwóch odmian konstrukcyjnych zestawu narzędziowego. Obecnie przygotowano propozycję wykonania w metalu stempla #26 wg rysunku:

- [WWko#26o20 matryca 04 - 07 stempel-kw26 04.pdf]

Model 3D konstrukcji zabudowy stempla, przystosowanego do współpracy z zespołem matrycy wzmacnianej #26o20 zapisano w folderze {stempel_2} \rightarrow plik złożenia [zlozenie zespol stempla WWko_26o20 02.SLDASM] oraz animacja [zlozenie zespol stempla WWko_26o20 02.easm]

Cechy zespołu MATRYCY

Redukcja przekroju poprzecznego #26 \rightarrow $\phi 20$ odkształcenie $\epsilon=0,7$, ubytek przekroju $\epsilon_A=50\%$

Max. temp. pracy zespołu matrycy wzmacnionej: 400°C (ze względu na objętość wkładki matrycowej.

którą wykonano ze stali narzędziowej do pracy na gorąco WNL [1] – ta stal daje najwyższą temp. pracy, ale alternatywnie można rozważać użycie stali konstrukcyjnej w gatunku 55, bądź sprężynowej 35HGS.

TYP konstrukcji zespołu matrycy: dwupiersieniowa; WYMIARY: kwadratowy przekrój poprzeczny otworu wejściowego #26 | średnica otworu wyjściowego $d_o = \phi 20$ mm | średnica podziałowa złożenia wkładka/objętość $d_1 = \phi 82$ mm | średnica zewnętrzna objętość $D = \phi 221$ mm.

Obliczenia wcisku wykonano za pomocą programu **wcisk.exe** (ver.1.47)

¹ Prezentowane w <http://lolejnik.eta.pl/ss/DOWNLOAD%202009/tematy%20Projekty%20Studenckie%20pp%20i%20pd.pdf> (slajd nr 10)

Konstrukcję i proces technologiczny wykonania zestawu narzędziowego do wyciskania #26 → ø20 (stempel, zespół matrycy wzmocnionej przez obciskanie, zestawienie) zapisano w zbiorczym pliku programu DraftSight [WWko#26o20 matryca 04.DWG] (dokumentacja 2D)

Model 3D konstrukcji matrycy dla przyrządu WWko#26o20 zapisano w folderze {matryca_2} → plik złożenia [ZŁOZENIE zespol matrycy WWko_26o20 02.SLDASM], który zawiera projekt zespołu matrycy wzmocnianej #26o20 wraz z animacją [ZŁOZENIE zespol matrycy WWko_26o20 02.easm]

Zbiorcza dokumentacja 2D dot. konstrukcji przyrządów typu WWko jest również w [WWko#8o5 50.dwg]

WTŁACZANIE WKŁADKI MATRYCOWEJ W OBEJMĘ

Celem obliczeń konstrukcyjnych jest zaplanowanie wielkości **wcisku**, który będzie zastosowany przy wtłaczaniu WKŁADKI matrycowej (część robocza matrycy) w pierścień obciskający (OBEJMĘ – część konstrukcyjna zespołu matrycy wzmocnianej).

Konstrukcja i zabudowa zespołu matrycy

Części składowe zespołu matrycy wykonano w metalu wg rysunków:

- WKŁADKA [WWko#26o20 matryca 04 - k01b WkladkaMatrycowa_o20 10.pdf]
- OBEJMA [WWko#26o20 matryca 04 - k02 PierscienWzmacniajacy 05 OBEJMA.pdf]

Złożenie zespołu matrycy przedstawiono na rysunku instrukcyjnym obciskania:

- ZESPÓŁ matrycy [WWko#26o20 matryca 04 - k(1+2)^1 zespol matrycy o20 11 wymiary.pdf]
- WTŁACZANIE [WWko#26o20 matryca 04 - k(1+2)^2 zespol matrycy o20 obciskanie.pdf] ◀

Założenia konstrukcyjne:

- Obiejma obciskająca jeden pierścień ze stali WNL / 43-48 HRC
- Wkładka matrycowa Vanadis23 / ~60 HRC (odpuszczane w temp.560°C)
- 0.5° – kąt pochylenia tworzącej powierzchni połączenia (na średnicy podziałowej d_1)
- 0 mm – BRAK wystawiania wkładki ponad powierzchnię czołową obejmy po wtłoczeniu wkładki
- 2 mm – min. wystawianie dna wkładki (o wysokości 109_{-0.3} mm) z obejmy na spodzie zespołu matrycy po wtłoczeniu wkładki w obejmę (o wysokości 107_{-0.5} mm)

Oznacza, że plik wymaga uaktualnienia

Zabudowa zespołu narzędziowego w obsadach narzędziowych:

- ZESTAWIENIE pokazujące prawidłowe zmontowanie części składowych zespołu narzędziowego [WWko#26o20 matryca 04 - ZESTAWIENIE zespolu narzedziowego.pdf] ◀ (patrz koniec dokumentu)

Po wtłoczeniu WKŁADKI w OBEJMĘ będzie wykonywana obróbka wykańczająca wybranych zewnętrznych powierzchni montażowych zespołu matrycy oraz całej powierzchni wewnętrznej otworu roboczego. Przed montażem zabudowanego zespołu matrycy w oprawie uniwersalnej, do odcinka wejściowego otworu roboczego matrycy będą dopasowywane wymiary głowy stempla.

Obliczenia wg zaleceń dla matryc obciskanych

Po wstępnym zaprojektowaniu kształtu i wymiarów dla wkładki matrycowej oraz pierścienia obciskającego (OBEJMY) postanowiono sprawdzić, czy zaproponowane na rysunkach wykonawczych wymiary średnicy podziału d_1 są odpowiednie. Śledząc postępowanie projektowe opisane w [2] obliczono d_1 oraz D według wytycznych podanych na rys.7 (str.5 w przywołanej pozycji bibliograficznej [2]), zapisując odpowiednio:

- $D = (4 \div 6) \times d_0 = 6 \times 36,8 \approx 221$ mm – przyjęto średnicę 221 mm (← $26 \times \sqrt{2} = 36,8$)
- $d_1 = 0,9 \times \sqrt{(D \times d_0)} = 0,9 \times \sqrt{(221 \times 36,8)} \approx 81$ mm – taką średnicę podziału przyjęto dla zespołu matrycy

Następnie na podstawie empirycznej zależności (rys.8, str.5 w pozycji [2]) pomiędzy twardością HRC a granicą plastyczności **Re** określono wartości **Re1** dla materiału wkładki i **Re2** dla materiału obejmy:

- Re1=2600 MPa dla twardości ~60 HRC obejmy ze stali Vanadis23 (wg. rys. konstrukcyjnego 59-61 HRC)
- Re2=1300 MPa dla twardości ~45 HRC obejmy ze stali WNL (wg. rys. konstrukcyjnego 43-48 HRC)

Właściwości metalu UFG wyciskanego w projektowanej matrycy nie są dokładnie znane. Dlatego do obliczeń przyjmujemy arbitralnie wartość nacisków jednostkowych pi , które podczas wyciskania wywiera odkształcany metal UFG. Założymy, że maksymalne naciski pi będą na poziomie upoważniającym zastosowanie matrycy dwupierścieniowej, a więc $pi^{max} = \sim 1600 \text{ MPa}$. Na podstawie przyjętych wartości $Re1$, $Re2$ i pi obliczono stosunki:

- $pi / Re1 = 1600 / 2600 \approx 0,615$
- $\kappa = Re1 / Re2 = 2600 / 1300 \approx 2,0$

Mając na uwadze wyniki powyższych obliczeń z nomogramu (z rys.9 str.6 w [2]) odczytano **wcisk względny**:

- $z1 / (Re1 \times d_0) = 4,7 \text{ mm}^2/\text{MN}$

a następnie obliczono **wcisk bezwzględny z1**:

- $z1 = 4,7 \times Re1 \times d_0 = 4,7 \times 2600 \times 36,8 \times 10^{-6} = 0,45 \text{ mm}$

Wykonano także sprawdzenie czy obliczona wartość $(z1 / d_1) \times 100\%$ mieści się w przedziale znanym z praktyki wykonywania matryc do wyciskania, wzmacnianych przez obciskanie, dla których właściwy jest przedział zmienności $(z1 / d_1) \times 100\% = \sim (0,2 \div 0,5) \%$:

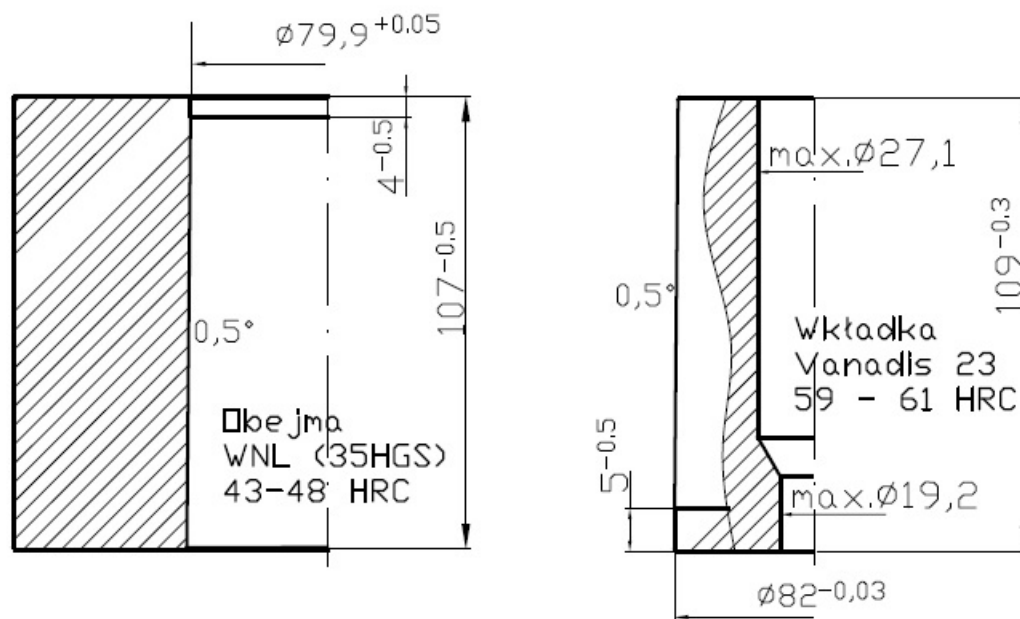
- $(z1 / d_1) \times 100\% = (0,45 / 81) \times 100\% = 0,55 \%$

Jak widać wynik $(z1 / d_1) \times 100\%$ prawie mieści się w zalecanym przedziale.

Opracowanie rysunków wykonawczych

Osiągnięcie zaplanowanej wartości **wcisku** $z1$ zależy od dokładności wykonania powierzchni połączenia wtlaczanego, a więc wewnętrznej powierzchni stożkowej OBEJMY i zewnętrznej powierzchni stożkowej WKŁADKI na średnicy podziałowej d_1 . Należy zatem przeanalizować jaki wpływ na wartość wcisku mają zaproponowane dokładności wykonania OBEJMY i WKŁADKI, a tym samym określić minimalny i maksymalny **wcisk**. W ten sposób zostanie obliczony zakres możliwego do uzyskania wcisku przy zastosowaniu zaproponowanego sposobu wymiarowania wspomnianych powierzchni stożkowych i przyjętych odchyłek dla wymiarów nominalnych elementów tworzących powierzchnie połączenia wciskowego.

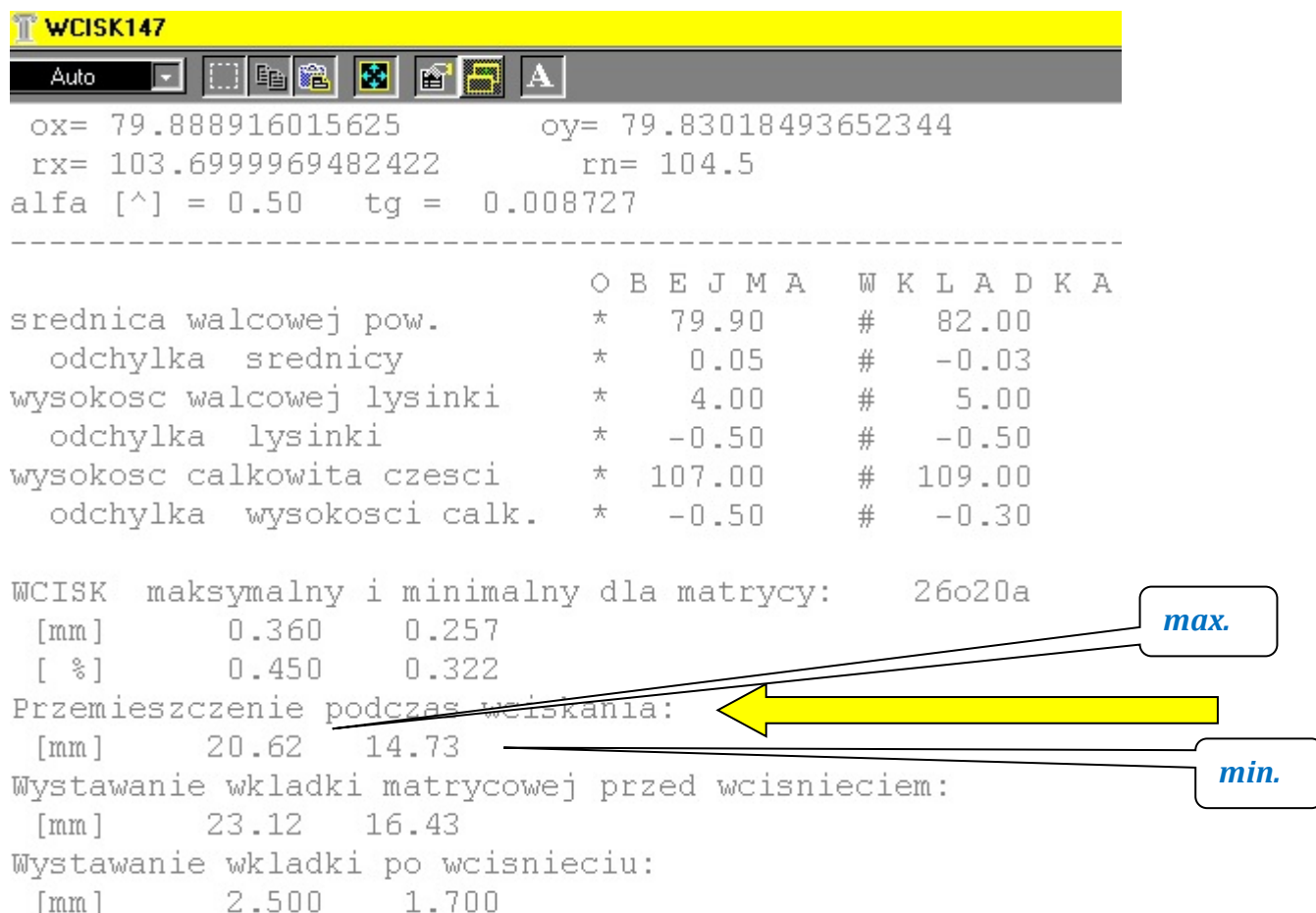
Analiza ilościowa wpływu dokładności wykonania powierzchni połączenia wciskowego na wartość wcisku będzie przeprowadzona dla połączenia, które przedstawiono na szkicu wymiarowym na Rys. 1. Rysunek ten prezentuje wytyczne wymiarowe dla rysunku wykonawczego powierzchni połączenia wtlaczanego na średnicy podziałowej d_1 . Te właśnie wymiary powierzchni połączenia wraz z proponowanymi odchyłkami decydują o wielkości wcisku dla planowanego wtlóczenia WKŁADKI w OBEJME.



Rys. 1. Szkic wymiarowy połączenia wtlaczanego dla części składowych zespołu matrycy wzmocnionej przyrządu do wyciskania współbieżnego WWko_#26o20

Oczekuje się, że siła wtlaczania wkładki w obejmę przy połączeniu ich w zespole matrycy wzmocnionej nie powinna być większa niż ~600kN (stożkowa powierzchnia połączenia będzie oczyszczona i odtłuszczona, a następnie bardzo skąpo przesmarowana olejem). Dzięki temu założeniu można będzie wykonać wtlaczanie na prasie ZD100, której maksymalny nacisk wynosi ok. 600 kN. Do dyspozycji jest również prasa PYXP1000 o nacisku ok. 7700kN. Rzeczywista wartość siły zostanie określona dopiero podczas wtlaczania.

Wyniki ilościowej analizy wpływu odchyłek wymiarowych, którą przeprowadzono za pomocą programu² komputerowego, który analizuje łańcuchy wymiarowe połączenia wtlaczanego wkładki kształtującej z pierścieniem obciskającym, pokazano na Rys. 2.



Rys. 2. Wyniki obliczeń planowanego **wcisku** przy wtlaczaniu WKŁADKI w pierścień obciskający (OBEJMĘ do zespołu matrycy wzmocnionej dla przyrządu WWko_#26o20)

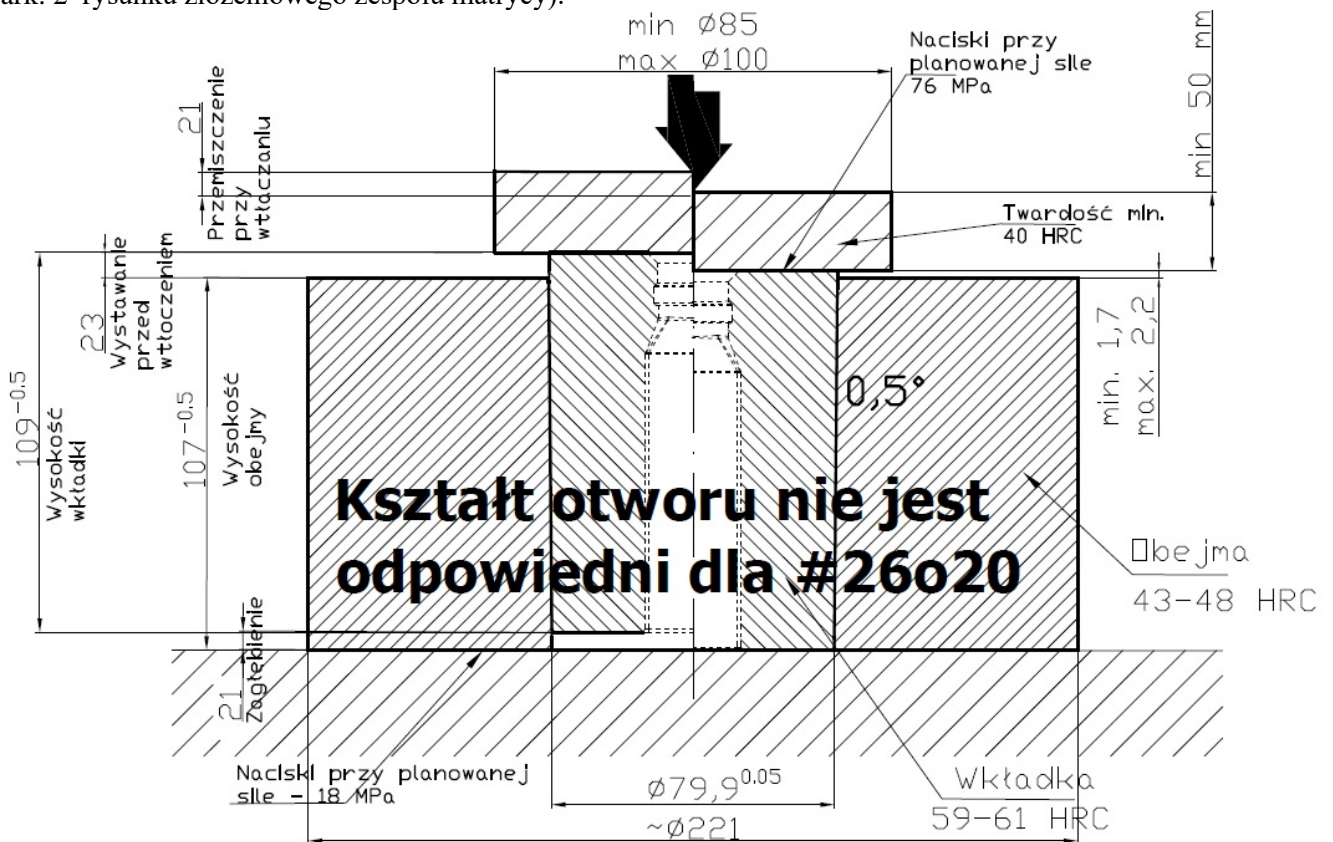
Opracowanie instrukcji dla obciskania

Przy sprawdzaniu poprawności łańcuchów wymiarowych dla powierzchni połączenia założono, że podczas wtlaczania WKŁADKI w OBEJMĘ wkładka zostanie wsunięta w taki sposób że nie będzie wystawała ponad czołową powierzchnię obejmę. Dzięki temu do wtlaczania elementy składowe zespołu matrycy wzmocnionej będzie można posadowić na płaskiej powierzchni i prowadzić obciskanie bez potrzeby dobierania elementów dystansowych.

Rysunek instrukcyjny dla wtlaczania WKŁADKI z otworem #26o20 w pierścieniową OBEJMĘ (tzw. **obciskanie wkładki obejmą**) zaprezentowano na Rys. 3. Uzyskanie założonego **wcisku** na stożkowej powierzchni połączenia będzie wymagało wykonania przemieszczenia względnego WKŁADKI w stosunku do

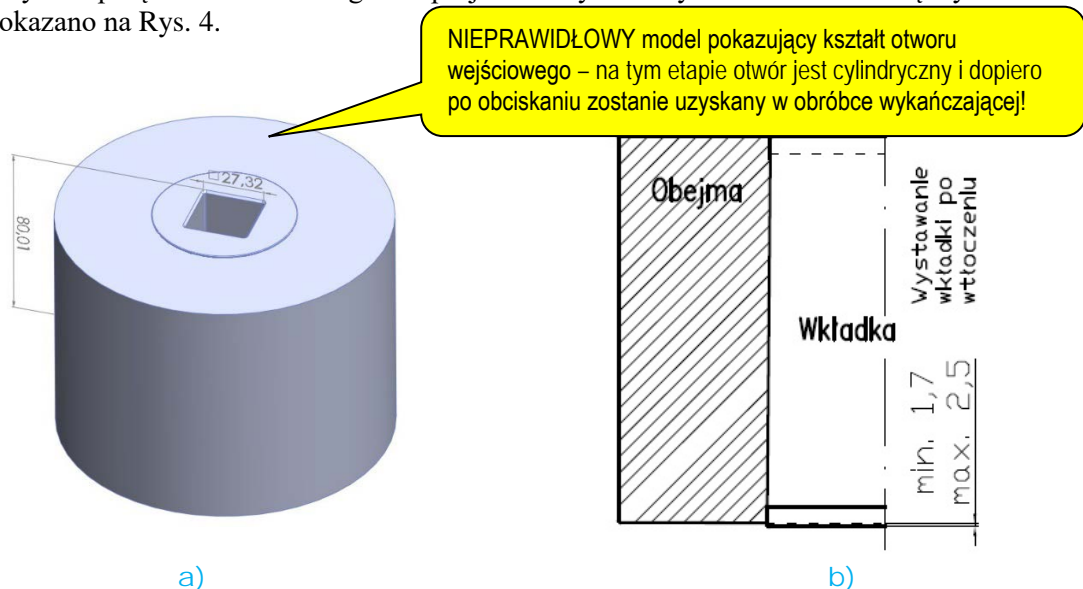
² Program WCISK v.1.47 napisany w języku BASIC jest aplikacją DOSową i może być uruchamiany TYLKO na komputerach z 32-bitowym systemem operacyjnym w okienku poleceń CMD

OBEJMY zakresie wskazanym strzałką na Rys. 2. Planując przebieg obciskania WKŁADKI OBEJMĄ zawężono ten zakres. Przyjęte wartości poosiowego przemieszczenia maksymalnego i minimalnego przy wtlaczaniu wraz z odchyłkami odnotowywane są na rysunku INSTRUKCYJNYM obciskania (jest to zazwyczaj ark. 2 rysunku złożeniowego zespołu matrycy).



Rys. 3. Przebieg wtlaczania WKŁADKI w OBEJMĘ: lewa strona rysunku – przygotowanie do wtlaczania, prawa strona – oczekiwany stan po zakończeniu wtlaczania

Oczekiwany stan połączenia wtlaczanego z zaprojektowanym na Rys. 2 **wciskiem** między WKŁADKĄ a OBEJMĄ pokazano na Rys. 4.



Rys. 4. Oczekiwany rezultat wtlaczenia WKŁADKI w OBEJMĘ: a) wygląd czołowej powierzchni po zakończeniu wtlaczania, b) planowane wystawanie dolnej części wkładki z obejmy **### rysunek (a) NIE są adekwatny do omawianego przypadku → należy wymienić na właściwy ###**

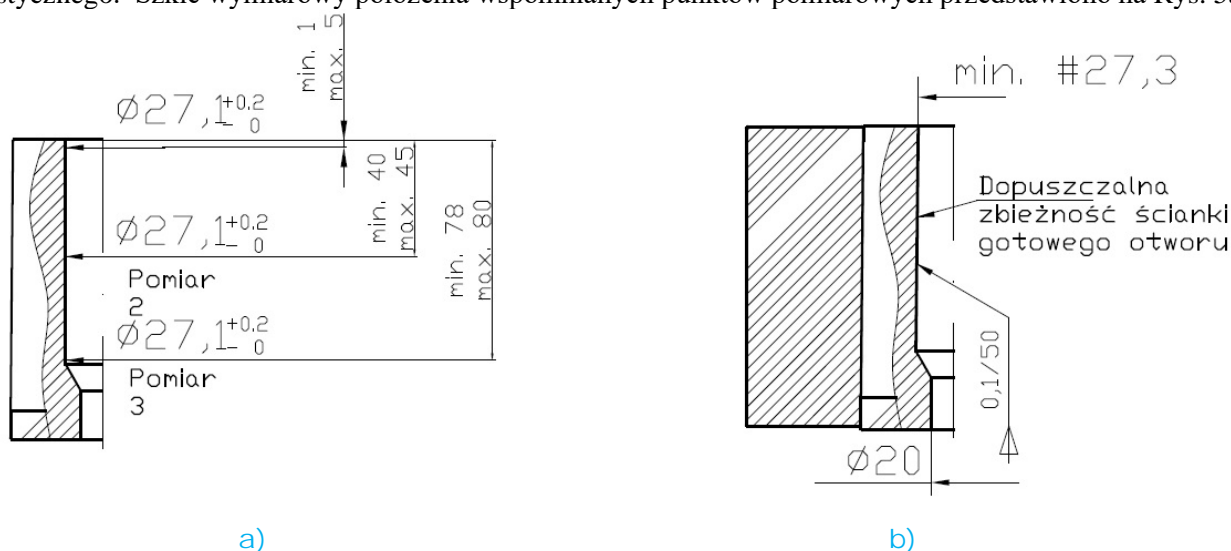
Ocena wykonania połączenia wtlaczanego

W rozdziale tym odnotowano ważniejsze dane opisujące przebieg wykonania zespołu matrycy wzmocnionej przez wtlaczanie WKŁADKI w OBEJMĘ z zaplanowanym **wciskiem**. Po wtlóczeniu wkładki w obejmę wg. Rys. 3 należy skontrolować wymiary otrzymanego zespołu matrycy. Dolna powierzchnia WKŁADKI powinna wystawać ponad powierzchnię dna obejmy, gdyż podczas wyciskania to właśnie podstawa WKŁADKI ma przenosić obciążenie na podłoże. Położenie górnej powierzchni wkładki w stosunku do powierzchni czołowej obejmy jest dowolne, tzn. wkładka może zarówno wystawać z obejmy, jak i być w tej obejmie zagłębiona. Pośrednim – bardzo korzystnym – rozwiązaniem jest zrównanie powierzchni czołowych WKŁADKI i OBEJMY.

Uzyskane wartości należy odnotować, co dla zespołu matrycy **#26o20** pokazano na Rys. 4. Na podstawie rzeczywistej wartości zastosowanego przemieszczenia można obliczyć realną wartość uzyskanego **wcisku**. Wyniki obliczeń wpisuje się zazwyczaj do dokumentacji technicznej matrycy na rysunku INSTRUKCYJNYM obciskania. Przy obciskaniu zmieniają się również wymiary otworu wstępnie wykonanego we wkładce. Wiadomo bowiem, że wtlaczanie spowoduje zmniejszenie otworu wykonanego we WKŁADCE oraz powiększenie średnicy zewnętrznej OBEJMY.

Pomiary otworu wewnętrznego przed i po obciśnięciu

Pomiary mają na celu doświadczalne wyznaczenie zmiany wymiarów otworu roboczego, jakie zachodzą podczas obciskania. Pomiary należy wykonać średnicówką w górnej części otworu wejściowego, w części środkowej i w pobliżu miejsca, w którym po obróbce wykańczającej znajdzie się strefa kształtowania plastycznego. Szkic wymiarowy położenia wspomnianych punktów pomiarowych przedstawiono na Rys. 5a.

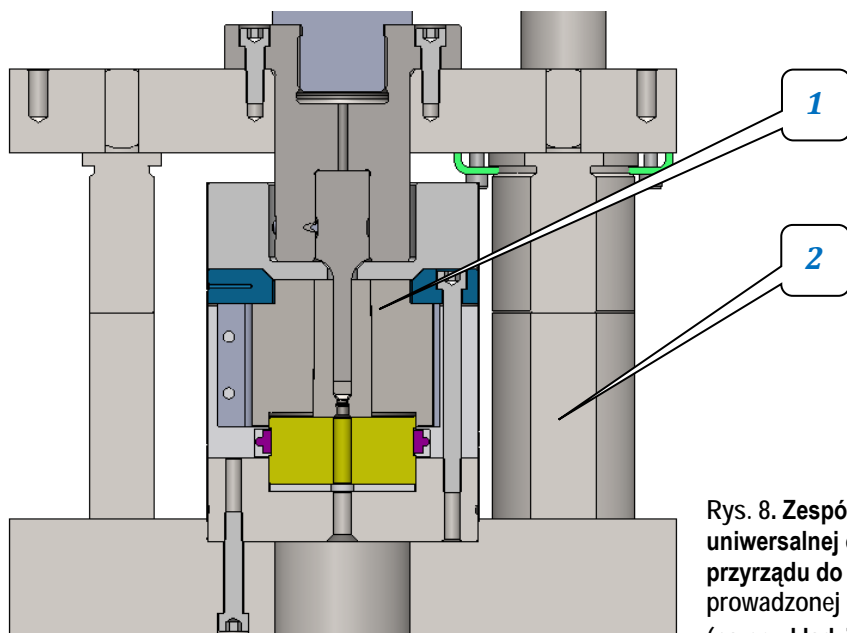


Rys. 5. Szkice wymiarowe otworu wejściowego we wkładce matrycowej: a) miejsca pomiarów otworu wykonanego przed obciskaniem wkładki obejmą (na rysunku wstawiono przykładowe wartości mierzonych wymiarów), b) dopuszczalny kształt przekroju wzdłużnego otworu wejściowego po wykonaniu wykańczającej obróbki EDM

Otwór wstępnie wykonany we WKŁADCE wtlózonej w OBEJMĘ nie ma jeszcze żądanego kształtu, w który może być włożony wstępniak przeznaczony do wyciskania z zaplanowaną redukcją przekroju poprzecznego. Przypomnijmy, że dla matrycy przyrządu **WWko_#26o20** jest potrzebny wstępniak prostopadłościenny o podstawie kwadratu rozmiar **#26**, a uzyskana w tej matrycy wypraska będzie walcem o kołowej podstawie o średnicy **20** mm. Wymagany kształt otworu roboczego matrycy zostanie uzyskany w końcowej obróbce zespołu matrycy, która przygotowuje go do montażu w zaprojektowanej obsadzie narzędziowej. Kontrola wymiarowa jest potrzebna do sprawdzenia czy ta obróbka wykańczająca da oczekiwany rezultat. Trzeba mianowicie sprawdzić czy nadatki są wystarczające. Otwór wejściowy, ma większą średnicę niż wyjściowy i jest głęboki. Sprzyja to uzyskaniu pożądanej zbieżności, którą scharakteryzowano na Rys. 5b. Taka sytuacja zawsze występuje, gdy mamy do czynienia z matrycą, w której zachodzi zmiana wymiaru przekroju poprzecznego z większego wejściowego na mniejszy wyjściowy. Zalecany kształt przekroju wzdłużnego otworu roboczego matrycy jest osiągany przez wykonanie ubytkowej obróbki wykańczającej. W przypadku zmiany kształtu przekroju poprzecznego kwadratowego na kołowy tak, jak to ma miejsce w matrycy

Na Rys. 8 pokazano w osiowym przekroju wzdłużnym propozycję konstrukcji przyrządu WWko_#26o20 w wersji z oprawą uniwersalną. Do prezentacji ewentualnego rozwiązania konstrukcyjnego użyto innego przyrządu typu WWko. Przyrządy do kształtowania brył często powstają przez zabudowanie zespołów matryc wzmacnianych pierścieniową obejmą (1) w obsadzie, która następnie jest montowana do płyty dolnej uniwersalnej oprawy słupowej (2).

Przyrządy należy przedstawiać w pozycji zamkniętej, pokazując przy tym w jaki sposób jest ona uzyskiwana i jaką wysokość osiąga. W przypadku pras hydraulicznych powszechnie stosuje się odpowiednio dobrane elementy dystansowe, które zapewnią osiągnięcie wymiaru WZ. Dla przyrządu WWko_#26o20 wymiar WZ = ... mm. ### należy ten wymiar odczytać z modelu przyrządu i na rysunku zaznaczyć ####



Rys. 8. Zespół matrycy wzmacnianej (1) zamontowany w uniwersalnej oprawie słupowej (2) – typowe wykonanie przyrządu do objętościowej obróbki plastycznej prowadzonej na prasach, pokazane w postaci modelu 3D (na przykładzie przyrządu WWko_#8o5)

Mocowanie przyrządu WWko_#26o20 w przestrzeni roboczej prasy PYE63 pokazano na Rys. 7. W tym celu użyto rzutu izometrycznego dla prezentacji posadowienia na stole prasy i powiązania z suwakiem.

Brak rysunku

Rys. 9. Mocowanie przyrządu WWko_#26o20 w przestrzeni prasy PYE63

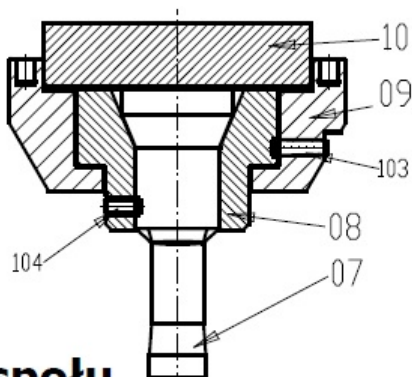
LITERATURA

- 1 H.Żmihorski: "Stale narzędziowe i obróbka cieplna narzędzi". Wyd.II. WNT Warszawa 1970
- 2 L.Olejn, K.Kuczyński: „Pomoce do przedmiotu Projektowanie Procesów Technologicznych Obróbki Plastycznej i Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych”, Temat 2: Projektowanie matryc wzmacnianych
<http://lolejnik.eta.pl/ss/DOWNLOAD%202009/Projektowanie%20matryc%20obciskanych.pdf>

ZESTAWIENIE WWko #26o20

Nieudolna propozycja zabudowy stempla i matrycy

(WADY: nachodzenie elementów na siebie i zbędne szczeliny, zwłaszcza na kierunku przeniesienia siły kształtowania, itp.)



Zabudowa zespołu narzędziowego stempel + matryca dla #26 -> Ø20

