

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Tomasza Latosa pt. „Analiza stanu naprężenie i odkształcenia w procesie kształtowania ultracienkościennych wyrobów powłokowych ze stopu aluminium typu AlMn1Mg1Cu”

Promotor: prof. dr hab. inż. Wojciech Libura

Podstawa opracowania recenzji: zlecenie Dziekana Wydziału Metali Nieżelaznych AGH

Ocena istotności problemu naukowego

Względy ekonomiczne i ekologiczne oraz rozwój konkurencyjności przedsiębiorstw powodują, że poszukuje się nowych lepszych technologii. Zaliczyć do nich można proces kształtowania cienkich blach metodami wyciągania. Podstawowe zalety tej technologii to redukcja masy wyrobu, wysoka dokładność wykonania detalu oraz obniżenie kosztów procesu poprzez zmniejszenie liczby operacji. Wszystkie te zalety powodują, że technologia ta znalazła zastosowanie do wytwarzania wyrobów powłokowych ze szczególnym zastosowaniem na puszki do napojów, jednakże ze względu na złożony stan naprężeń i odkształceń w detalu, które zmieniają się lokalnie w trakcie kształtowania oraz stosowanie narzędzi bardziej skomplikowanych niż w konwencjonalnych procesach kształtowania blach, projektowanie tego typu procesów jest bardzo trudne. Podstawowymi ograniczeniami w kształtowaniu jest zjawisko fałdowania oraz pocienienia blachy prowadzące do jej pęknięcia. Zjawiska te są przedmiotem wielu badań i publikacji, jednakże nie zostały jeszcze stworzone jednoznaczne zasady przewidywania tych zjawisk, tak jak to ma miejsce np. dla konwencjonalnego kształtowania blach.

Tematykę przedstawioną w recenzowanej pracy doktorskiej, w której opracowana jest nowa koncepcja kształtowania cienkościennego wyrobu z wstępnie odkształconym denkiem należy uznać więc za bardzo aktualną i nowatorską. Uzyskane wyniki przyczynią się na pewno do dalszego udoskonalania metod projektowania procesów kształtowania cienkościennych wyrobów.

Merytoryczna ocena pracy

Autor pracy przeprowadziła bardzo obszerne studium literaturowe, które przedstawia aktualny stan zagadnienia dotyczący:

- Podstawowych informacji o technologii tłoczenia obejmujące wytłaczanie, przetłaczanie i wyciąganie.
- Najpopularniejszych metody produkcji wytłoczek cienkościennych.

- Stopów aluminium ze szczególnym wyróżnieniem materiałów na cienkościenne wytłoczki.
- Metod modelowania matematycznego.

Studium literaturowe jest bardzo obszerne, zawiera zarówno informacje podstawowe o procesach tłoczenia, których nie powinno być w pracy doktorskiej jak i wiadomości bardziej zaawansowane dotyczące już jej tematyki. Były one punktem wyjścia do postawienia następującej tezy pracy „Poprzez dobór odpowiedniego stanu naprężenia w obszarze dna wytłoczki w procesie kształtowania cylindrycznych wyrobów powłokowych można uzyskać odkształcenie i pocienienie zapewniające umocnienie materiału zwiększające wytrzymałość dna. Głównym efektem pocienienia w obszarze dna wytłoczki ma być zmniejszenie niezbędnej ilości materiału potrzebnego do ukształtowania wyrobu, w celu oszczędności materiału w procesie produkcyjnym”. W pracy brak jest podsumowania stanu zagadnienia. Tezę uważam za interesującą i przedstawiony nowatorski pomysł wykorzystania materiału z denka wyrobu zasługuje na podkreślenie.

Metodologię badań Doktorant podzielił na dwa etapy: pierwszy obejmował badania materiałowe oraz budowę modelu matematycznego procesu, drugi - wybór najlepszego rozwiązania oraz przygotowanie narzędzi i wykonanie wyrobów próbnych.

Mgr inż. Tomasz Latosa w następnej części pracy przedstawia metodykę badań oraz omówił uzyskane wyniki w etapie pierwszym. Zawarte są tu informacje zarówno ważne w aspekcie udowodnienia tezy jak też mało istotne. Do tych pierwszych na pewno należy zaliczyć wyznaczenie właściwości wytrzymałościowych z uwzględnieniem anizotropii oraz krzywe odkształceń granicznych. Pewne wątpliwości można mieć do sposobu przedstawienia KOG we współrzędnych odkształcenie w osi prostopadłej i w osi głównej. Czy to oznacza, że odkształcenia te mogą się nie pokrywać z odkształceniami głównymi ϵ_1 i ϵ_2 , które stanowią tradycyjny układ współrzędnych krzywych odkształceń granicznych? Informacje dotyczące rozkładu grubości badanego materiału na szerokości i długości taśmy, analiza wielkości i odkształcenia ziarna oraz chropowatości powierzchni blachy są na pewno bardzo interesujące ale nie mają większego związku z resztą części pracy.

Następnie Doktorant przechodzi do opisu wyników z modelowania matematycznego. W pierwszej kolejności przedstawia modelowanie wytłaczania cienkościennego naczynia cylindrycznego. Opis zbudowanego modelu oraz zastosowanych narzędzi jest bardzo dokładny. Uważam jednak, że niektóre informacje można było pominąć takie jak np. opis tworzenie modelu trójwymiarowego stosowanych narzędzi.

Doktorant bardzo szczegółowo omawia uzyskane wyniki po kolejnych operacjach tłoczenia. Przedstawił dokładną analizę pocienienia ścianek naczynia, intensywności

odkształcenia i naprężenia oraz określił na podstawie KOG obszary niebezpieczne ze względu na fałdowanie i pękanie materiału. Uzyskane wyniki są bardzo interesujące, pokazują jak zmieniają się wymienione wskaźniki w kolejnych operacjach oraz na długości wyrobu.

Doktorant na podstawie przeprowadzonych symulacji wykazał, że posiada bardzo duże doświadczenie w modelowaniu numerycznym procesów tłoczenia.

Następnie przedstawia model procesu wyciągania naczynia otrzymanego w symulacjach opisanych we wcześniejszych rozdziałach. W procesie tym poprzez zmniejszenie grubości ścianki bocznej naczynia następuje zwieszenie jego wysokości. Autor pokazał jak w kolejnych trzech operacjach wyciągania nastąpiła redukcja grubości ścianki z początkowej wynoszącej 0,250 mm do końcowej na poziomie około 0,1 mm, przy zachowaniu stałej grubości dna naczynia.

Pewne wątpliwości można mieć do sposobu przedstawienia uzyskanych wyników na krzywej odkształceń granicznych, gdyż wydaje mi się, że Doktorant błędnie przyjął odkształcenia. Podczas wyciągania próbki zmianie ulega odkształcenia ϵ_1 i ϵ_3 , natomiast ϵ_2 ma niemal stałą wartość (nie zmienia się średnica naczynia) więc wykres powinien być tak jak dla płaskiego stanu odkształcenia, wówczas błędna też jest analiza dotycząca niebezpiecznych stref na wytłoczce.

Przedstawiona w pierwszej części pracy analiza wykazała, że w wybranym procesie grubość denka pozostaje stała i słuszną jest idea Autora aby wykorzystać nadmiar materiału z denka do uzyskania wyższej ścianki bocznej wytłoczki. W tym celu proponuje autorskie rozwiązanie wstępnego odkształcania denka wytłoczki. Tę część pracy uważam za najciekawszą. Początkowo proponuje kształtować dno z pomocą stempli sferycznych o różnej wysokości. Niestety jak wykazały symulacje dla takich rozwiązań uzyskuje nierównomierny rozkład odkształceń. Pewne wątpliwości budzą uzyskane wartości odkształceń, gdyż dla stempla o największej wysokości powinny być one największe a tak nie jest. Doktorant słusznie na podstawie uzyskanych wyników proponuje stempel rurowy, dla którego przeprowadza modelowanie potwierdzające uzyskanie równomiernych odkształceń i pocienienie w denku wyrobu. Dodatkowo przeprowadza ciekawą analizę różnych układów przytrzymujących część kołnierзовą wytłoczki. Ostatecznie zaproponował dwa progi przytrzymujące, pozwalające zwiększyć powierzchnię docisku podczas formowania wytłoczki.

W następnej części pracy Doktorant porównał wytłoczki uzyskane z modelowania numerycznego wytworzone w standardowym procesie z wytłoczkami uzyskanymi w nowej technologii z wstępnym odkształconym denkiem. Nowy sposób kształtowania spowodował umocnienie obszaru dna i jego pocienienie. Wykorzystanie krążka wsadowego w nowej

technologii o tej samej średnicy co w tradycyjnej równej 159 mm, umożliwiło uzyskać wytłoczkę wyższą o ok 4,5 mm

Analiza numeryczna procesu przetłaczania dla standardowego procesu i dla nowego procesu z wykorzystaniem wytłaczania wstępnego potwierdziła zdecydowanie większe pocienienie w obszarze dna i na dole ścianki bocznej dla nowego procesu, jednakże zwiększenie umocnienia spowodowało większa podatność denka do fałdowania.

Ostatnim etapem pracy było przeprowadzenie testów na materiale rzeczywistym. W pierwszej kolejności Doktorant zbadał możliwości fizycznego kształtowania analizowanego materiału oraz pokazał efekt lokalnego odkształcenia na szczycie sfery kształtującej, które nie ulega odkształceniu w kolejnych operacjach. Testy pokazały, że wprowadzając operację kształtowania wstępnego można wymusić pocienienie dna materiału podczas prób wytłaczania. Dodatkowo, nie występują różnice siłowe związane z kierunkiem prowadzenia procesu, czy jest on zgodny czy przeciwny do formowania wstępnego.

Mgr inż. Tomasz Latosa w oparciu o wykonane analizy numeryczne i wytypowane rozwiązania konstrukcyjne przygotował dokumentację zestawów narzędziowych, na podstawie której zostały one wykonane. Następnie przeprowadził próby wytwarzania wyrobu, które potwierdziły słuszność postawionej tezy i możliwość wykorzystania nowej technologii w tłoczeniu naczyń cienkościennych. Pewien niedosyt może budzić brak przeprowadzenia wyciągania uzyskanych wytłoczek

Opiniowana praca charakteryzuje się wysokim poziomem naukowym odznacza się kompleksowym ujęciem problemu. Autor swobodnie porusza się w bardzo trudnych zagadnieniach dotyczących oceny tłoczności blach i symulacjach numerycznych. Wymienione uwagi dyskusyjne, oraz słaba strona redakcyjna nie obniżają istotnie końcowej oceny pracy, którą uważam za wartościową szczególnie ze względu na bardzo praktycznych charakter. Praca przyczyni się na pewno do coraz częstszego stosowania trudnej technologii wyciągania do wytwarzania wyrobów cienkościennych.

Do największych osiągnięć mgr inż. Tomasza Latosa należy zaliczyć:

- Zaproponowanie nowej metody kształtowania cylindrycznych wyrobów z pocienieniem dna wytłoczki.

- Bardzo dokładne badania materiałowe

- Przeprowadzenie symulacji numerycznych kolejnych etapów wytwarzania naczyń cienkościennych według nowej technologii

- Pozytywną weryfikacją zaproponowanych rozwiązań.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedłożona mi do opinii rozprawa doktorska pt. „, Analiza stanu naprężnie i odkształcenia w procesie kształtowania ultracienkościennych wyrobów powłokowych ze stopu aluminium typu AlMn1Mg1Cu” w której mgr inż. Tomasz Latosa

-zadawalająco rozwiązał problem o ważnym znaczeniu poznawczym i technologicznym z zakresu procesów tłoczenia,

-wykazał się niezbędną wiedzę z zakresu przedmiotu pracy i umiejętnością twórczego prowadzenia badań eksperymentalnych oraz ich analizy,

spełnia wymagania wynikające z Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule Naukowym w Zakresie Sztuki. W związku z tym wnoszą o przyjęcie rozprawy mgr inż. Tomasza Latosa i dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

