

Nagniatanie gładkościowe elementów rurowych wykonanych ze stali nierdzewnej stosowanych w pojazdach samochodowych

Katarzyna Geleta, Leon Kukielka, Radosław Patyk

Streszczenie

Artykuł dotyczy obróbki wykończeniowej elementów rurowych wykonanych ze stali nierdzewnej, stosowanych w pojazdach samochodowych. W związku z licznymi zaletami wynikającymi z zastosowania metody gładkościowego nagniatania, proponuje się jej zastosowanie zamiast wykończeniowej obróbki szlifowaniem. Porównano wyniki pomiaru chropowatości powierzchni rur po nagniataniu gładkościowym z wynikami pomiaru chropowatości po szlifowaniu. Do badań wykorzystano rury ze stali nierdzewnej 1.4301. Proces nagniatania przeprowadzono przy pomocy głowicy do nagniatania bezkłowego i przelotowego, natomiast szlifowanie przy pomocy taśm ściernych. Przedstawiono wybrane wyniki badań doświadczalnych.

Słowa kluczowe: obróbka wykończeniowa, stal nierdzewna, szlifowanie, nagniatanie gładkościowe.

Wstęp

Stale nierdzewne są stopami żelaza zawierającymi co najmniej 11% chromu [1]. Główną cechą tych stali jest ich duża odporność na korozję, którą uzyskują dzięki tworzeniu się na powierzchni materiału warstwy tlenków chromu.

Ze względu na swoje bardzo dobre właściwości korozyjne ma szerokie zastosowanie m. in. w przemyśle spożywczym, chemicznym, papierniczym, samochodowym oraz transporcie.

W przemyśle samochodowym największe zastosowanie przypada na rury wydechowe i katalizatorowe (rys. 1). Są one wykonane zarówno z gatunków austenitycznych jak i ferrytycznych, ponieważ materiały, z których wytwarza się układy wydechowe pracują w bardzo ekstremalnych warunkach. Uderzenia kamieni, otarcia o twarde podłoże, woda zawierająca często sole przyczyniająca się do rdzewienia, to tylko niektóre z czynników, które skracają żywotność układu wydechowego [2]. Dodatkowo, przednie odcinki rury wydechowej narażone są na naprężenia termiczne w sytuacji, gdy podczas deszczu nagrany element jest spryskiwany wodą z kałuż.



Rys. 1. Tłumik w całości wykonany ze stali nierdzewnej [2]

Dlatego też zastosowanie odpowiedniej operacji wykończeniowej jest bardzo ważne. Od jej rodzaju i warunków realizacji w dużym stopniu zależy jakość technologiczna wyrobu, gdyż podczas tej operacji ostatecznie kształtuje się właściwości warstwy wierzchniej (np. usuwa się wszelkie zanieczyszczenia powierzchni oraz nieregularności

z poprzednich procesów technologicznych, które mogłyby stanowić miejsca działań korozji).

Najbardziej powszechne obróbki wykończeniowe stali nierdzewnych to obróbka ścierna (szlifowanie, polerowanie i szcztokowanie) oraz chemiczna (wytrawianie, pasywacja i elektropolerowanie).

Stale nierdzewne (głównie te o strukturze austenitycznej i austenityczno-ferrytycznej) ze względu na specyficzne ich własności fizyczne i mechaniczne zostały zakwalifikowane do grupy materiałów trudnoskrawalnych.

1. Trudności w obróbce elementów ze stali nierdzewnej

Obróbka ścierna stali nierdzewnych wymaga znajomości i przestrzegania zasad. Jedną z nich jest utrzymanie obrabianej powierzchni w jak najniższej temperaturze ponieważ przewodność cieplna tych stali jest około 3 krotnie niższa niż stali węglowych.

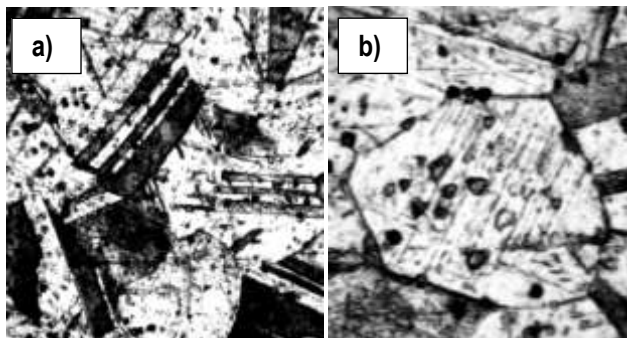
Jeśli chodzi o materiały ściernie to należy stosować takie, które nie zawierają wtrąceń żelaza, ponieważ nie może zostać zanieczyszczona warstwa pasywna, która jest gwarancją odporności na korozję.

Przy zbyt dużym nacisku oraz prędkości obrotowej narzędzia może dojść do przegrzania materiału, a w rezultacie doprowadzi to do wystąpienia w nim przebarwień i odkształceń [3].

Poza tym stale nierdzewne austenityczne wykazują wysoki stopień umocnienia przez zgniot, co powoduje powstanie twardych powierzchni i twardych, długich wiórów, które mają tendencję do tworzenia narostów na narzędziu.

Zasadniczym problemem podczas obróbki stali nierdzewnych jest możliwość uwrażliwienia na korozję międzykrystaliczną w wyniku wydzielania się węglików chromu [3]. A spowodowane jest to tym, że powyżej 500°C szybkość dyfuzji węgla jest większa od szybkości dyfuzji chromu. I to prowadzi do wydzielania węglików chromu i czyni stal podatną na korozję międzykrystaliczną (rys. 2).

Jeśli chodzi o chemiczną obróbkę wykończeniową stali nierdzewnych to najpowszechniej stosowane jest elektropolowanie [4]. Jednakże metoda ta należy do jednych z najbardziej złożonych technik obróbki elektrochemicznej stali nierdzewnych oraz jest bardzo kosztowna.



Rys. 2. Struktura stali nierdzewnej austenitycznej 1.4301 w powiększeniu a) 200× oraz b) 400×

2. Gładkościowe nagniatanie toczne

Technologia wykorzystana w procesie produkcyjnym ma istotny wpływ na trwałość i niezawodność części maszyn. Podczas obróbki wykończeniowej nadawane są ostateczne wymiary i właściwości użytkowe danego elementu. Osiąga się to poprzez zastosowanie odpowiedniego rodzaju obróbki oraz dobór właściwych parametrów technologicznych danego procesu [5].

Jedną z metod obróbki wykończeniowej metali, polegającej na wykorzystaniu miejscowego odkształcenia plastycznego, wytwarzanego w warstwie wierzchniej przedmiotu, wskutek określonego (siłowego i kinematycznego) współdziałania twardego i gładkiego narzędzia (o kształcie kuli, krążka, wałka lub innym) z powierzchnią obrabianą jest obróbka nagniataniem.

Efektom nagniatania oprócz zgniotu jest również wygładzenie powierzchni obrobionej oraz zmniejszenie lub całkowita eliminacja uszkodzeń powierzchni, które stanowią ogniska korozji [5]. Wygładzenie powierzchni zmniejszy czynną powierzchnię korodującą, co wraz z usunięciem uszkodzeń powierzchniowych powoduje zwiększenie odporności na korozję.

Głównymi celami stosowania obróbki nagniataniem jest [6]:

- obróbka umacniająca: zwiększenia wytrzymałości zmęczeniowej, twardości, odporności na korozję itd.,
- obróbka gładkościowa: zmniejszenie nierówności i chropowatości powierzchni,
- obróbka wymiarowo-gładkościowa: odpowiednia dokładność pomiarowa połączona z określoną niską chropowatością powierzchni.

W pracy zaproponowano zastosowanie gładkościowego nagniatania tocznego w celu uzyskania powierzchni o bardzo małej chropowatości ($R_a=0,07\mu\text{m}$).

Elementy rurowe ze stali nierdzewnej mogą być wykorzystane jako rury wydechowe w pojazdach samochodowych lub poręcze w autobusach.

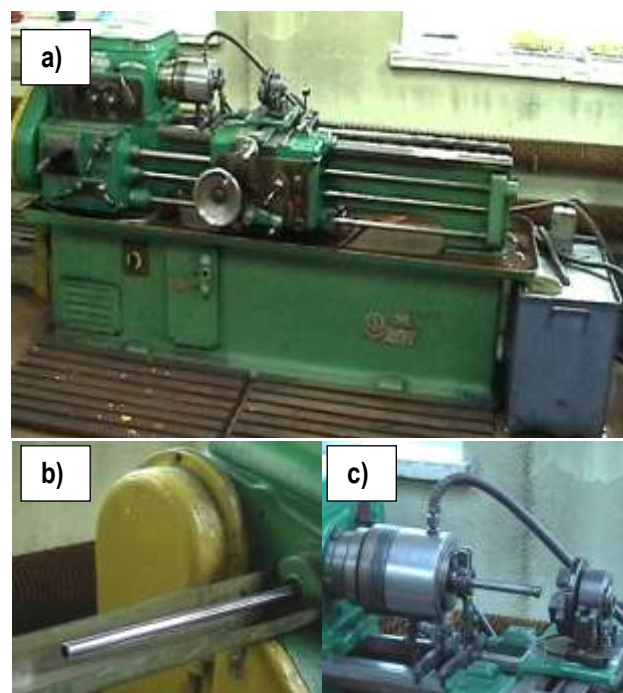
3. Badania doświadczalne

W pracy zaprezentowano badania procesu nagniatania gładkościowego wykonane w laboratorium Katedry Mechaniki Technicznej i Wytrzymałości Materiałów, na rurach ze stali

nierdzewnej austenitycznej 1.4301. Ten gatunek stali należy do jednego z najczęściej stosowanych spośród stali nierdzewnych.

Obróbkę gładkościowego nagniatania tocznego wykonano przy pomocy głowicy do nagniatania bezkolowego, przelotowego rur cienkościennych na tokarce uniwersalnej Jotes Typ TSS 150 (rys. 3).

W artykule przedstawiono również, dla porównania, wyniki badań pięciooperacyjnego szlifowania bezkolowego taśmami ściernymi o różnej wielkości ziarn. Określono wpływ obróbki szlifowaniem oraz gładkościowego nagniatania tocznego na gładkość powierzchni rur.



Rys. 3. Widok stanowiska do nagniatania bezkolowego przelotowego rur cienkościennych: a) widok ogólny stanowiska do nagniatania, b) widok głowicy w chwili wprowadzenia do niej rury, c) widok stanowiska w momencie wyjścia rury po obróbce

4. Wyniki badań eksperymentalnych

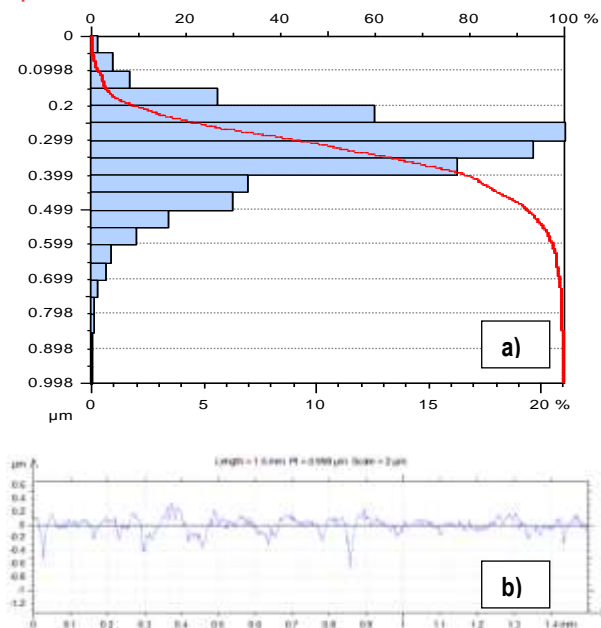
Dokonano pomiaru chropowatości powierzchni R_a oraz określono udział nośny liniowy.

Wyniki pomiarów chropowatości powierzchni rur poddanych nagniataniu gładkościowemu porównano do wyników pomiarów chropowatości powierzchni rur poddanych szlifowaniu.

Na podstawie otrzymanego profilu chropowatości oraz udziału nośnego rur, można zauważyć, że rury ze stali nierdzewnej 1.4301 po szlifowaniu wykazały gorszą chropowatość powierzchni, w porównaniu z powierzchnią tych rur po obróbce nagniataniem (rys. 5 i 6).

Średnie arytmetyczne odchylenie profilu od linii średniej – R_a dla powierzchni nagniatanej gładkościowo wynosi $0,018\mu\text{m}$, natomiast dla powierzchni po szlifowaniu $R_a=0,09\mu\text{m}$.

Przeprowadzone badania wykazały, że rury ze stali nierdzewnej 1.4301 po szlifowaniu charakteryzowały się gorszą chropowatością powierzchni R_a (5-krotnie), w porównaniu z powierzchnią tych rur po obróbce nagniataniem.



Rys. 5. Udział nośny liniowy (a) i profil chropowatości (b) powierzchni rur po szlifowaniu

5. Wnioski

Stan powierzchni elementów rurowych wykonanych ze stali nierdzewnej 1.4301 stosowanych w pojazdach samochodowych zależy od rodzaju obróbki powierzchniowej oraz od własności materiału.

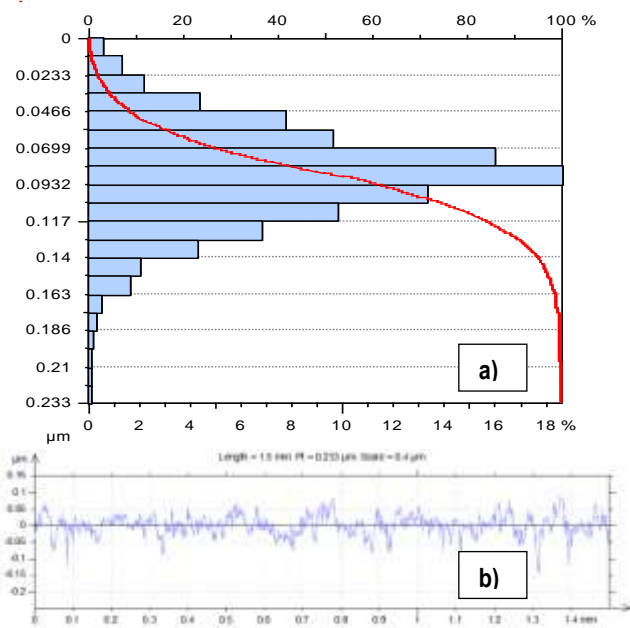
Stale nierdzewne kwalifikuje się do grupy materiałów trudnoskrawalnych, dlatego też zastosowanie odpowiedniej obróbki wykończeniowej jest bardzo ważne.

Zaproponowany rodzaj obróbki wykończeniowej stali nierdzewnych, a mianowicie nagniatanie gładkościowe pozwoli na uzyskanie wyrobu o wymaganych właściwościach warstwy wierzchniej.

Kształtowanie wymiarów i właściwości użytkowych przez nagniatanie jest obróbką bezwiórową i bezpyłową. Pozwala to na zaliczenie jej do ekologicznych metod obróbki.

Poza tym obróbka nagniataniem zmniejsza koszty produkcji ponieważ zastosowanie szlifowania do obróbki rur ze stali nierdzewnej 1.4301 wymagało dużo większych nakładów energii i kosztów w porównaniu z obróbką nagniataniem.

Widoczne jest duże zainteresowanie przemysłu obróbką gładkościowego nagniatania tocznego stali nierdzewnych w celu uzyskania wyrobu finalnego o lepszych parametrach i niższych kosztach wytworzenia.



Rys. 6. Udział nośny liniowy (a) i profil chropowatości (b) powierzchni rur po nagniataniu gładkościowym

W ramach dalszych badań planuje się przeprowadzenie szczegółowych badań i analizę procesu nagniatania rur ze stali nierdzewnych.

Bibliografia

1. Polska Norma PN-EN 10088-1+Ap1: *Stale odporne na korozję – Gatunki* (2003).
2. <http://www.artopph.com.pl/index.php/tumiki-sportowe-osobowe2>
3. www.nierdzewka.com/userfiles/download/polerowanie_i_szlifowanie.pdf
4. Crookes Roger : *Wytrawianie i pasywacja stali nierdzewnej*. Euro Inox 2004. Zeszyt 4. ISBN 2-87997-138-1 (2004).
5. Kukielka L.: *Teoretyczne i doświadczalne podstawy powierzchniowego nagniatania tocznego z elektrokontaktowym nagrzewaniem*. Monografia Wydziału Mechanicznego nr 47. Wyższa Szkoła Inżynierska (1994).
6. Przybylski W.: *Obróbka nagniataniem. Technologia i oprzyrządowanie*. Warszawa (1979).

Smooth burnishing of the pipe elements made of stainless steel used in automotive vehicles

Abstract

Article applies finishing operation on elements made of stainless steel, used in vehicles. In connection with many advantages resulting from application of the smooth burnishing, it proposed to used it instead of finishing treatment grinding. The results of surface roughness on pipes after smooth burnishing with the results after grinding were compared.

Stainless steel of pipes is 1.4301. The process was done using a head of through and centreless burnishing while grinding using a abrasive belts. The results of experimental research were presented in this paper.

Key words: finishing treatment, stainless steel, grinding, smooth burnishing.

Autorzy:

Mgr inż. **Katarzyna Geleta** – Politechnika Koszalińska

Prof. dr hab. inż. **Leon Kukielka** – Politechnika Koszalińska

Dr inż. **Radosław Patyk** – Politechnika Koszalińska