

## Metody wykańczania powierzchni stali nierdzewnych

Stal nierdzewna, dzięki swoim właściwościom, znajduje coraz szersze zastosowanie w przemyśle, budownictwie oraz jako doskonały materiał do dekoracji wnętrz. Mnogość zastosowań i wymagań stawianych przed wyrobami sprawia, że istnieje konieczność odpowiedniej obróbki stali, a w szczególności jej powierzchni. Nadanie powierzchni odpowiedniej faktury lub lustrzanego połysku decyduje o ostatecznym wyglądzie całego elementu.

Odporność korozyjną stal zawdzięcza powstaniu na powierzchni metalu cienkiej warstwy tlenku, która charakteryzuje się wysoką odpornością na działanie czynników chemicznych i pasywnością wobec warunków atmosferycznych. Pasywna warstwa tlenków tworzy się na skutek utleniania powierzchni materiału pod wpływem tlenu zawartego w powietrzu lub może powstać w wyniku anodowego utleniania metalu w odpowiednim elektrolicie.

Wyróżnia się dwie metody usuwania materiału z powierzchni stali nierdzewnych:

- obróbka mechaniczna,
- obróbka elektrochemiczna.

Wśród tych metod możemy wyróżnić dalsze sposoby, odmiany i rodzaje obróbki.

### 1. Mechaniczna obróbka powierzchni stali nierdzewnych

Mechaniczna obróbka jest najpowszechniej stosowaną metodą wykańczania powierzchni stali nierdzewnych. W metodzie tej często wykorzystuje się obróbkę ścierną. Obróbką ścierną nazywa się sposoby obróbki skrawaniem, w których proces usuwania zbędnego materiału odbywa się za pomocą narzędzi ściernych lub luźnych ziaren charakteryzujących się nieokreśloną geometrią i nieregularnymi kształtami o wielu krawędziach i wierzchołkach, które doprowadzane są do styku z obrabianym przedmiotem. W praktyce przemysłowej procesy obróbki ścierniej realizowane są różnymi sposobami, które można podzielić na obróbkę ścierną luźnym i spojonym ścierniwem.

Wśród metod obróbki ścierniej można wyróżnić:

- szlifowanie,
- polerowanie,
- szczotkowanie.

Szlifowanie jest rodzajem obróbki wykańczającej polegającej na usuwaniu cienkiej warstwy metalu i ma za zadanie nadanie odpowiedniego kształtu, dokładności wymiarowej oraz chropowatości powierzchni.

Polerowanie jest operacją dekoracyjną i ma na celu nadanie powierzchni lustrzanego blasku.

Szczotkowanie, podobnie jak szlifowanie i polerowanie, jest ściernym procesem wykończeniowym. Proces ten ma na celu raczej wydobycie struktury powierzchni niż ścięcie warstw metalu. W przypadku szczotkowania, ścierny skutek na powierzchni stali nierdzewnej jest minimalny.

Ostateczny efekt jaki uzyskuje się w wyniku przeprowadzenia operacji szlifowania, polerowania i szczotkowania zależy od wielu czynników:

- obrabianego materiału– gatunku stali,
- typu ścierniwa: materiału podkładu, wielkości ziarna, jego kształtu i twardości,
- sposobu utrzymywania ścierniwa: taśma, krążek, pasta,
- ilości operacji wykończeniowych,
- użytych narzędzi do obróbki,
- parametrów skrawania i zastosowanego nacisku,
- umiejętności pracownika.

Obróbka ścierna stali nierdzewnych wymaga znajomości i przestrzegania pewnego rygoru technologicznego. Gwarancją kwasoodporności stali jest utworzona z tlenków stali warstwa pasywacyjna. Cząsteczki żelaza pochodzące z obróbki mechanicznej, cięcia termicznego lub z tarcz szlifierskich zanieczyszczonych stalami niestopowymi, korodują w wilgotnym powietrzu i naruszają warstwę pasywacyjną ograniczając tym samym odporność korozyjną stali. Należy zatem stosować właściwe materiały szlifierskie nie zawierające wtrąceń żelaza. Nie należy również używać materiałów, które zostały użyte wcześniej do stali niestopowej. Obecnie używa się wyłącznie materiałów ściernych syntetycznych, nie zawierających cząstek minerałów mogących powodować korozję międzykrystaliczną. Powszechnie stosowane materiały to tlenek aluminium oraz cyrkon.

Przy obróbce stali nierdzewnej obrabianą powierzchnię należy utrzymywać w jak najniższej temperaturze. Przewodność cieplna stali kwasoodpornej jest około 3-krotnie niższa niż stali węglowej. Próby przyspieszenia pracy poprzez zwiększenie nacisku czy też prędkości obrotowej mogą spowodować przegrzanie materiału i w konsekwencji doprowadzić do wytworzenia się przebarwień lub odkształceń. Materiały szlifierskie pracujące z nadmierną prędkością obrotową ulegają przyspieszonemu zużyciu, tak więc niezwykle istotne jest prawidłowe dobranie urządzeń szlifierskich tak, aby charakteryzowały się optymalną liczbą obrotów. Należy pamiętać, iż producenci podają na materiałach szlifierskich obroty maksymalne, natomiast obroty optymalne są na ogół o około 30% niższe. I tak przykładowo dla materiałów takich jak włóknina czy płótno ścierne o średnicy 30-50 mm zalecane obroty to 9.000-14.000 obr/min, dla średnicy 50-100 mm to 4.000-9.000 obr/min, a dla 100-160 mm to 2.000-4.000 obr/min.

### 1.1 Obróbka ściernicami listkowymi stali nierdzewnych

Obróbka ściernicami listkowymi należy do najpopularniejszej metody obróbki stali nierdzewnych. Proces szlifowania ściernicami listkowymi, jako narzędziami najbardziej elastycznymi stosowany jest do obróbki przedmiotów zarówno o prostych, jak i złożonych kształtach.



Ściernice listkowe wykonywane są z przeznaczeniem do pracy obwodem oraz czołem narzędzia. Ich cechą charakterystyczną jest bezudarowa praca na krawędziach i w kątach oraz duży wybór rozmiarów i uziarnienia dla różnych rodzajów prac. Z uwagi na pracę ze zróżnicowanymi obrotami w zależności od średnicy ściernicy, idealnym napędem są szlifierki z wałkiem giętkim ze zmiennymi prędkościami obrotowymi.



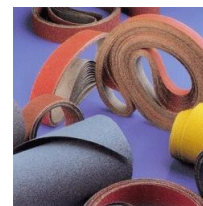
## 1.2 Obróbka ściernicami fibrowymi stali nierdzewnych

Ściernice fibrowe występują w formie pojedynczych krążków substancji ścierniej. Bardzo często są nazywane potocznie krążkami z papieru ściernego. Ściernice fibrowe są mniej skuteczne od ściernic listkowych lecz ze względu na swoją elastyczność są bardzo przydatne przy wykańczaniu spoin i trudno dostępnych miejsc.



## 1.3 Obróbka taśmami bezkońcowymi stali nierdzewnych

Następnym popularnym sposobem obróbki stali nierdzewnych materiałami nasypowymi jest szlifowanie taśmą bezkońcową. Odbywa się ono najczęściej na szlifierkach stacjonarnych, taśmowych ręcznych lub na specjalnych przystawkach. Układ napędowy takich urządzeń składa się na ogół z rolki napędowej oraz napinającej. Oprócz podstawowej roli związanej z nadaniem narzędziu odpowiedniej prędkości obrotowej może on spełniać jeszcze kilka innych funkcji pomocniczych, takich jak: odpowiednie napinanie taśmy na rolkach, sterowanie położeniem taśmy czy profilowanie taśmy do kształtu obrabianego przedmiotu. Szczególnie uniwersalne są przystawki bezkońcowe do szlifierek kątowych elektrycznych, pneumatycznych oraz do wałków giętkich. Zróżnicowane kształty ramion kontaktowych oraz różne szerokości kółek prowadzących umożliwiają wyszlifowanie i wypolerowanie trudno dostępnych miejsc, drobnych elementów lub precyzyjnych spawów pachwinowych. Szczególnie przydatne okazują się przy obróbce stali nierdzewnej, gdzie liczy się końcowy efekt wizualny, np. przy produkcji balustrad ze stali nierdzewnej lub elementów armatury spożywczej czy farmaceutycznej. Wykorzystując specyficzne kształty ramion kontaktowych i profili kół prowadzących można bez problemów prowadzić obróbkę szlifierską rur i prętów, fazować krawędzie czy wchodzić w profile zamknięte. Do dyspozycji jest cała gama taśm bezkońcowych wykonanych z płótna ściernego i włókniny o szerokości od 3 mm. Do ciężkich prac szlifierskich szczególnie przydatne są duże przystawki na taśmy bezkońcowe o szerokości do 63 mm i długości 950 mm. Ponieważ wymagają szlifierek o dużej mocy najlepszym dla nich napędem są duże szlifierki elektryczne z wałkiem giętkim typu ROTOFERA i ROTAR o mechanicznie regulowanych obrotach i mocy do 3,2 kW.



## 1.4 Obróbka włókninami szlifierskimi stali nierdzewnych

Włókniny szlifierskie są nowym, trójwymiarowym wyrobem ściernym. Znane są również pod nazwą "Scotch- Brite", która jest nazwą firmową 3M Company. Podłoże włókniny wykonane jest z

niesplecionych włókien syntetycznych, które cechuje duża odkształcalność i odporność na działanie płynów obróbkowych. Do włókien przyczepione są, za pomocą żywic, drobne cząstki ściernie składające się z ziaren ściernych i spoiwa. Cząstki te są rozmieszczone równomiernie w przestrzeni wyrobu, tworząc bardzo korzystną strukturę w czasie obróbki. Materiały ściernie stosowane do budowy włóknin to ziarna z elektrokorundu, węglika krzemu, krzemienia, granatu lub talku specjalnego.



Główne zalety włóknin to:

- równomierne rozmieszczenie ziaren ściernych,
- brak uszkodzeń i przypaleń obrabianej powierzchni,
- przejście zabrudzeń z obrabianej powierzchni (przedmiot jest obrabiany przez czystą włókninę),
- łatwość dopasowania się do skomplikowanych kształtów.



Włókniny szlifierskie produkowane są w postaci arkuszy, pasów oraz kół o różnych stopniach chropowatości: grubej, średniej, drobnej, bardzo drobnej i super drobnej.

### 1.5 Obróbka krążkami polerskimi stali nierdzewnych



Najczęściej używanym materiałem na krążki polerskie jest bawełna oraz filc. Wykorzystywane są one do polerowania stali na sucho oraz na mokro z wykorzystaniem past ściernych. Przy polerowaniu krążkami polerskim należy pamiętać, aby prędkości obróbki oraz



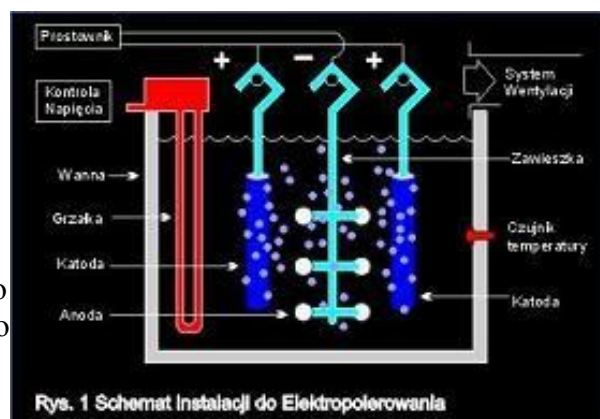
siła docisku nie były duże. Może to prowadzić do przypaleń i przebarwień powierzchni.

## 2 Elektrochemiczne polerowanie stali nierdzewnych

Proces elektrochemicznego polerowania stali zabezpiecza dokładnie całą powierzchnię polerowanego przedmiotu (łącznie z wgłębieniami w strukturze powierzchni) oraz nadaje przedmiotowi poddanemu obróbce dekoracyjny wygląd. Jest to metoda powszechnie wykorzystywana do obróbki powierzchni elementów w przemyśle mleczarskim, mięsny, farmacji, narzędzi chirurgicznych i dentystycznych, a także podczas obróbki elementów dekoracyjnych i użytkowych (takich jak balustrady, ogrodzenia) wykonywanych ze stali szlachetnych. Polerowanie elektrochemiczne powoduje równomierną pasywację całej powierzchni polerowanego elementu.

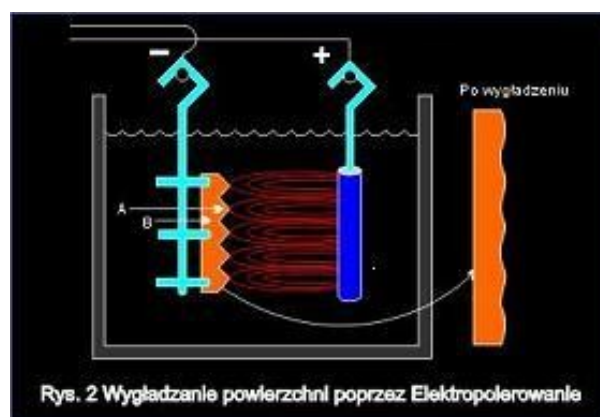
Proces elektrochemicznego polerowania metali można prowadzić w różnych kąpielach, jednakże stosowanie tego procesu na skalę przemysłową wymaga elektrolitu składającego się z mieszaniny kwasu siarkowego i fosforowego. Najlepsze wyniki techniczne i ekonomiczne osiągnięto dla stali kwasoodpornych, których polerowanie mechaniczne jest bardzo uciążliwe.

Typową instalację do elektrochemicznego polerowania stali przedstawia rysunek 1. Przedmiot poddany polerowaniu zanurzony jest w wannie i podłączony do ujemnego bieguna źródła prądu stałego (anody). Wewnątrz wanny znajdują się również katody, które podłączone są do dodatniego bieguna źródła prądu. Katody i anody zanurzone są w roztworze, tworząc dzięki temu kompletne ogniwo elektryczne. Ilość metalu usuwanego z polerowanego detalu jest proporcjonalna do gęstości przepływającego prądu.



## 2.1 Wygładzanie powierzchni

Rysunek 2 przedstawia wygładzanie powierzchni, jakie następuje podczas procesu polerowania elektrochemicznego. Proces następuje najszybciej w miejscach o wysokiej gęstości prądu (A), tj. w tych miejscach na anodzie, które znajdują się najbliżej katody. Dzięki odpowiedniemu zawieszeniu detalu na anodzie (prostopadłe usytuowanie powierzchni względem katody), w trakcie procesu następuje intensywne rozpuszczanie powierzchni znajdującej się w obszarach o wysokiej gęstości prądu (wierzchołki - A). Powierzchnia materiału w obszarach o małej gęstości prądu (B) rozpuszcza się znacznie wolniej niż w obszarach (A), powodując jej wygładzanie. Pokazane na rysunku zjawisko usuwania różnych ilości metalu z powierzchni materiału jest bardzo ważne w procesie stępienia ostrych krawędzi przedmiotu poddanego obróbce. W trakcie procesu elektrochemicznego polerowania stali zachodzi również zjawisko pasywacji.



## 2.2 Zalety elektrochemicznego polerowania:

- pozwala uzyskać doskonałe własności antykorozyjne,
- jest tańsze niż polerowanie mechaniczne,
- nadaje estetykę - połysk i równomierność barwy podobna do powierzchni wypolerowanego chromu,
- ułatwia i podnosi skuteczność mycia oraz pomaga utrzymać w czystości przedmioty poddane polerowaniu poprzez skrócenie czasu mycia do 50% (mikrodolinki i mikrowierzchołki powierzchni niepolerowanej stanowią doskonałe zakotwiczenie dla osadów soli, zabrudzeń, bakterii, grzybów, pleśni itp.).

Mycie zabrudzonych powierzchni zawsze stanowiło problem, a utrzymanie higieny stosowania dodatkowych środków (aseptyki). Elektrochemiczne polerowanie usuwa, oprócz wierzchołków nierówności rodzimego metalu, również wszelkie zanieczyszczenia spowodowane poprzedzającymi

procesami: tlenki metalu z narzędzi formujących, ziarna ścierniwa po szlifowaniu, mechanicznie naniesiona mikrowarstewka metalu po szczotkowaniu szczotkami metalowymi. Zanieczyszczenia takie mogą być źródłem korozji lub przebarwień. Metoda polerowania elektrochemicznego usuwa mikronapężenia spowodowane uprzednią obróbką i przywraca jednolitą mikrotwardość materiału rodzimego. Zaletą tej metody jest polerowanie powierzchni niedostępnych dla metod polerowania mechanicznego.

### 2.3 Etapy obróbki elektrochemicznej

Ilustracja przedstawia kolejno

- element przed obróbką
- element po operacji trawienia
- element po operacji polerowania elektrochemicznego



### 2.4 Zastosowanie obróbki elektrochemicznej

Wymienione zalety elektrochemicznego polerowania zdecydowały o zastosowaniu tej metody jako obróbki wykończeniowej dla:

- aparatury chemicznej i naukowej,
- urządzeń pracujących w trudnych warunkach, dla których utrzymanie higieny ma zasadnicze znaczenie, np. w pozyskiwaniu i przetwórstwie mleka
- narzędzi chirurgicznych,
- sprzętu gospodarstwa domowego,
- przedmiotów użytkowych i dekoracyjnych.