

Stale nierdzewne w branży samochodowej - zastosowania i możliwości

dr inż. Zbigniew Brytan

zbigniew.brytan@polsl.pl

Tel; (0048) 32 237 29 23

Politechnika Śląska w Gliwicach

Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

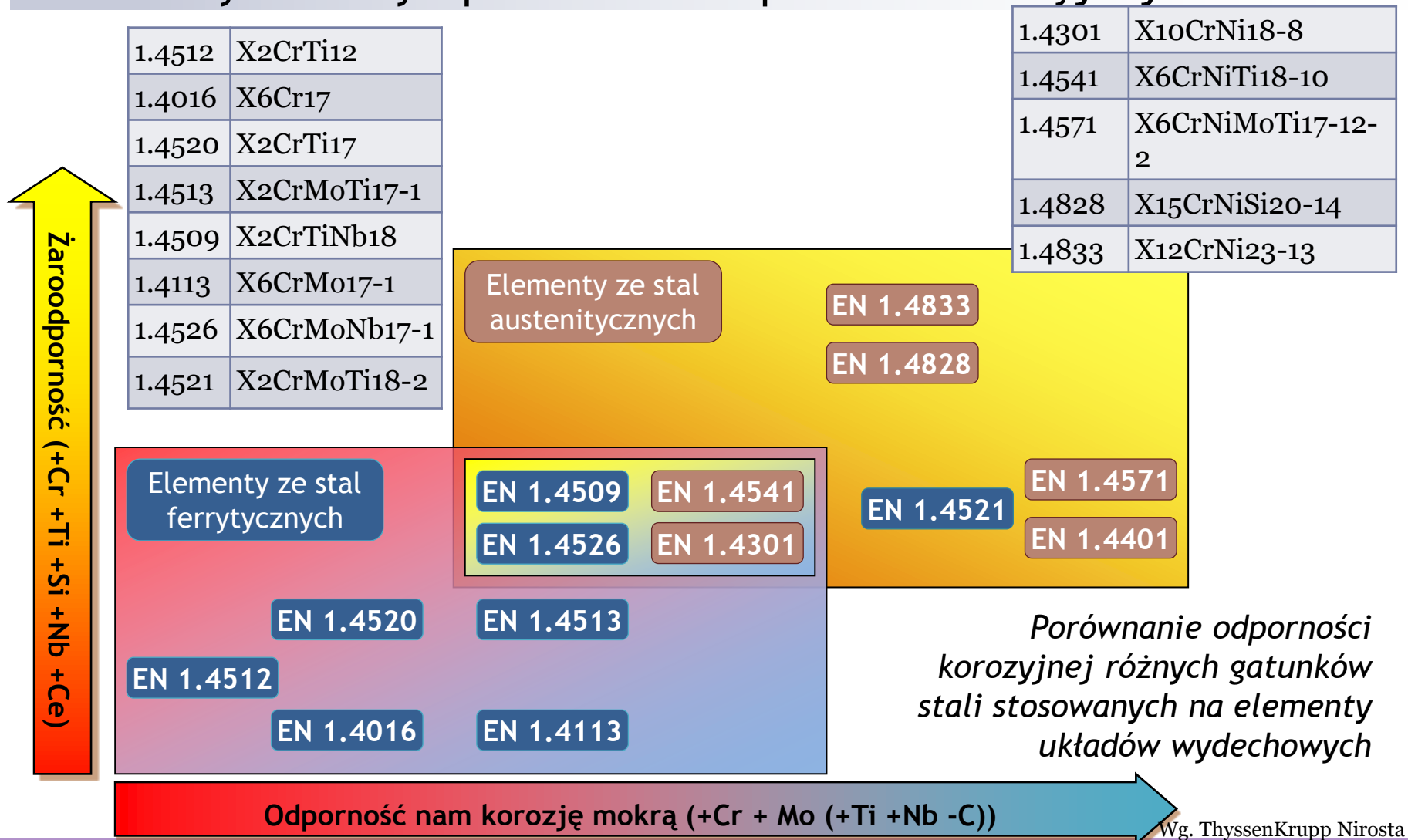
www.imiib.polsl.pl

Przemysł motoryzacyjny



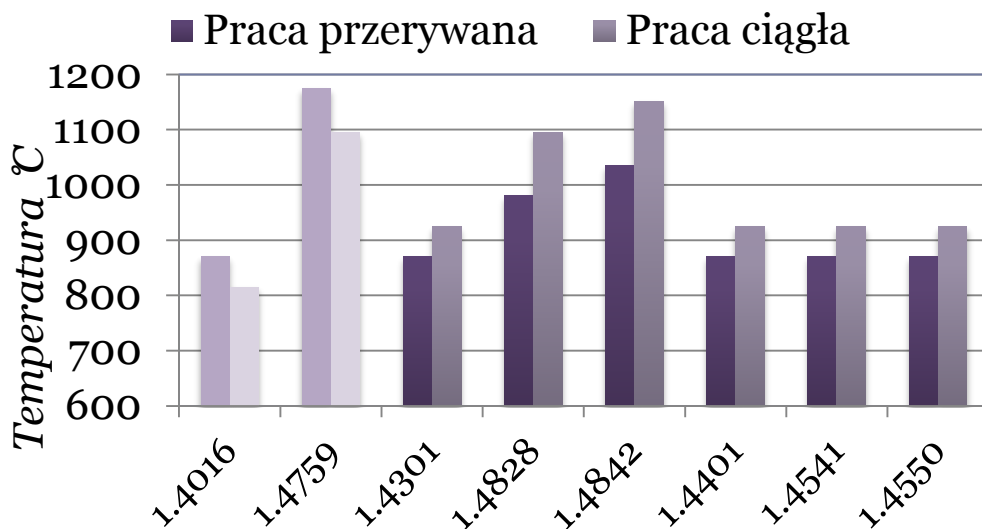
Przemysł motoryzacyjny

- Układ wydechowy - porównanie odporności korozyjnej



Przemysł motoryzacyjny

- Układ wydechowy - sekcja przednia
- Wymaga stali o wysokiej żaroodporności, wytrzymałości w wysokiej temperaturze i wytrzymałości na pełzanie oraz małej podatności na wzrost kruchości
- Wstępna ocena - maks. temperatura pracy ciągłej w powietrzu



Odporność na utlenianie - maksymalna temperatura pracy w powietrzu przy zmiennych obciążeniach cieplnych

- Podatność na wzrost kruchości pod wpływem temperatury eksploatacji

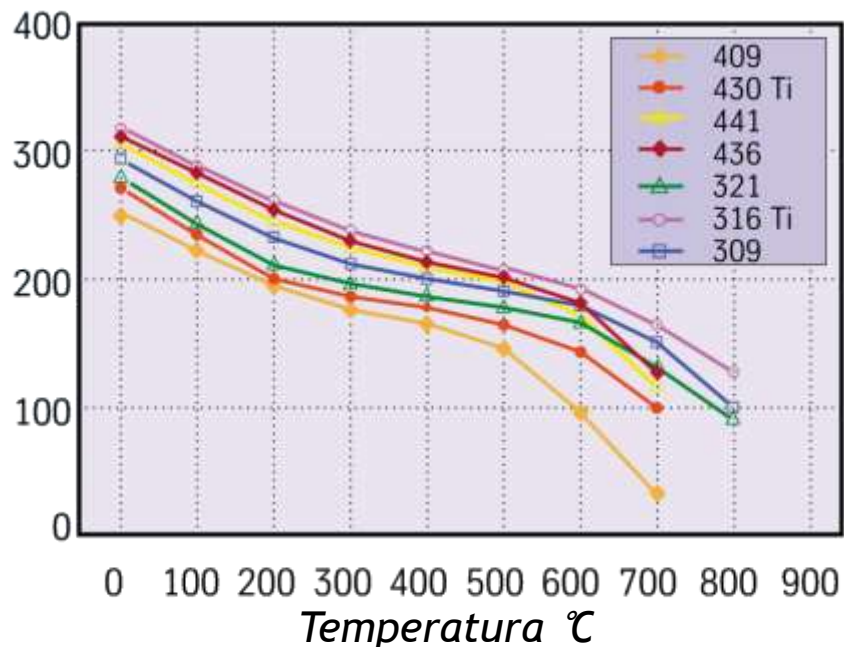
Materiał	Czas działania ciepła	Podatność na wzrost kruchości
1.4512	Krótki	Niska
1.4509	Długi	Niska/średnia
1.4526	Krótki/średni	
1.4510	i	
1.4301	Krótki, długi średni	Niska
1.4541	Długi Średni	Niska
1.4833	Średni	Średni / silny

Przemysł motoryzacyjny

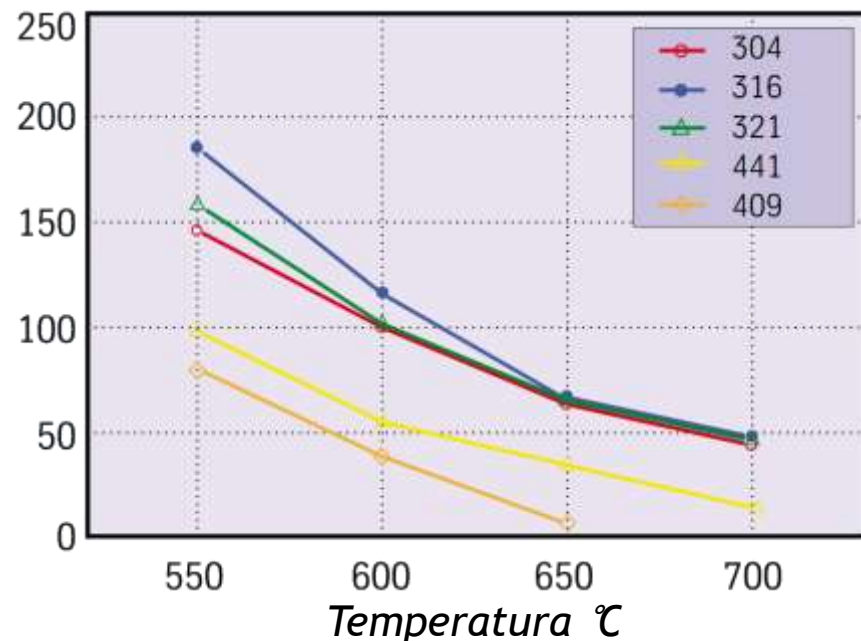
- Układ wydechowy - sekcja przednia

- Wytrzymałość w wysokiej temperaturze i wytrzymałość na pełzanie

Granica plastyczności $R_{p0,2}$, MPa



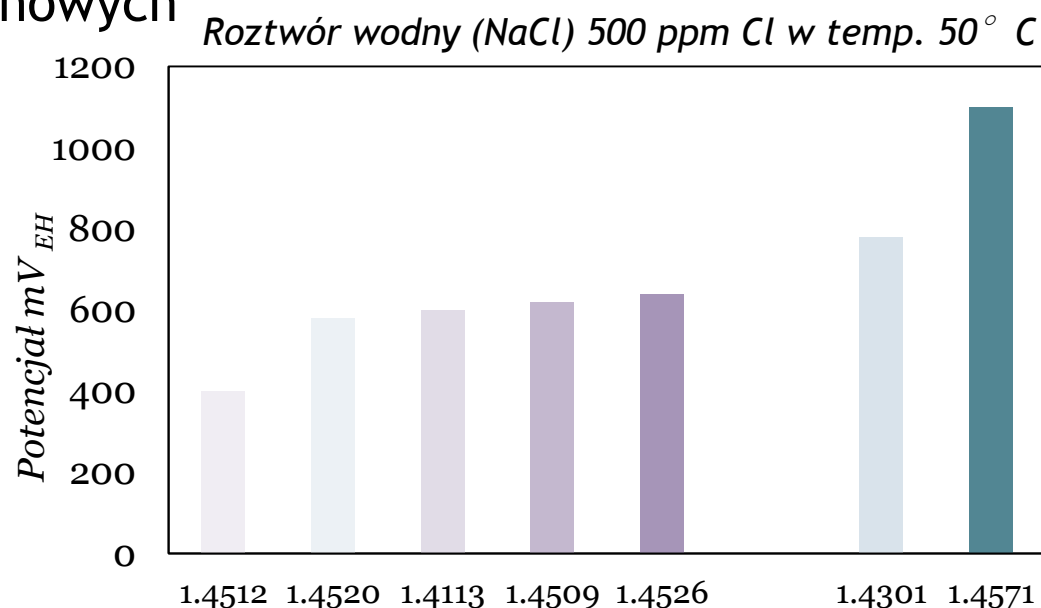
Wytrzymałość na pełzanie $R_z / 100000$, MPa



Przemysł motoryzacyjny

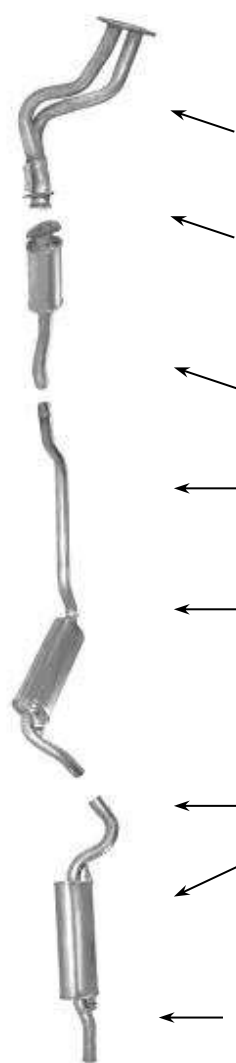
- Układ wydechowy - sekcja środkowa i tylna
- Sekcja środkowa - wymaga zarówno **wysokiej wytrzymałości** w wysokiej temperaturze jak i **odporności na korozję mokrą**.
 - W zależności od warunków eksploatacji przeważa obciążenie cieplne - pełne obciążenie pojazdu lub korozja - jazda na krótkich dystansach
- Sekcja tylna - decydującym czynnikiem jest **korozja mokra**.
 - Kondensacja gazów spalinowych tworzy agresywne środowisko wewnątrz układu, a na zewnątrz
 - stal narażona jest na sól drogową.

Ranking odporności na korozję wżerową w środowisku zawierającym Cl-



Przemysł motoryzacyjny

• Tłumiki samochodowe



Element układu wydechowego	Ferrytyczna	Austenityczna
Kolektor	EN 1.4509 (441)	EN 1.4541 (321) EN 1.4828 (309)
Rura kolektora	EN 1.4512 (409) EN 1.4509 (441)	EN 1.4301 (304) EN 1.4541 (321) EN 1.4828 (309)
Katalizator	EN 1.4509 (441)	EN 1.4301 (304) EN 1.4828 (309)
Rura łączna	EN 1.4512 (409) EN 1.4509 (441)	EN 1.4301 (304)
Tłumik środkowy	EN 1.4512 (409) EN 1.4520 (430Ti) EN 1.4113 (434) EN 1.4526 (436)	EN 1.4301 (304) EN 1.4541 (321)
Rura łączna	EN 1.4512 (409)	EN 1.4301 (304)
Tłumik tylny	EN 1.4512 (409) EN 1.4113 (434) EN 1.4526 (436)	EN 1.4301 (304) EN 1.4541 (321)
Końcówka tłumika		EN 1.4301 (304) EN 1.4404 (316)

Przemysł motoryzacyjny

- Stale nierdzewne powlekane ogniowo innymi metalami
 - Komponenty tłumika tylnego i rura wylotowa - stale ferrytyczne 1.4512, 1.4510 (AISI 409, 439) powlekane ogniowo warstwową aluminium (stop Al-Si, około 91% Al, 9% Si).
 - Powlekana aluminium ferrytyczna stal nierdzewna
 - wysoka odporność na korozję wżerową wywołaną przez kondensaty spalin
 - odporność na chlorki z soli drogowej
 - polepszone walory estetyczne i znaczne wydłużenie czas eksploatacji układu wydechowego w porównaniu do niepokrywanej stali nierdzewnej
 - komponenty łatwo spawalne
 - Warstwa aluminium zapewnia
 - Stal 1.4512 - odporność na korozję do 420°C i odporność na utlenianie do 840°C ,
 - Stali 1.4510 odporność na utlenianie do temperatury 920°C.



Tłumik z aluminiowanej ferrytycznej stali nierdzewnej

Powłoki natryskowe

- Powłoki przezroczyste i kolorowe
 - Przezroczyste powłoki natryskowe (utwardzane cieplnie w 400-600°C)
 - Wysoka twardość i odporność na zarysowanie
 - Wysoka odporność na przebarwienia (>1000h w 400°C)
 - Stabilne pod wpływem soli (200h w komorze solnej)
 - Ochrona przed atakiem kwasów
 - Możliwe wprowadzenie nieorganicznego pigmentu i barwienie
- Zalety:
 - Ograniczenie konieczności czyszczenia powierzchni,
 - Niska grubość powłoki (4-8μm)



Elementy układów wydechowych



Przemysł motoryzacyjny

- Inne zastosowania
- Klatki bezpieczeństwa - 1.4301, 1.4318 - zdolność do pochłaniania energii
- Felgi i obręcze kół- 1.4318, 1.4301
- Zbiorniki paliwa - 1.4301, grub. 0,6mm
- Elementy zawieszenia, wahacze - 1.4301
- Uszczelki pod głowicę
- Listwy ozdobne, wycieraczki
- Opaski zaciskowe
- Obudowy pomp



Fiat Barchetta



Pasy bezpieczeństwa



Przemysł motoryzacyjny

• Elementy konstrukcyjne

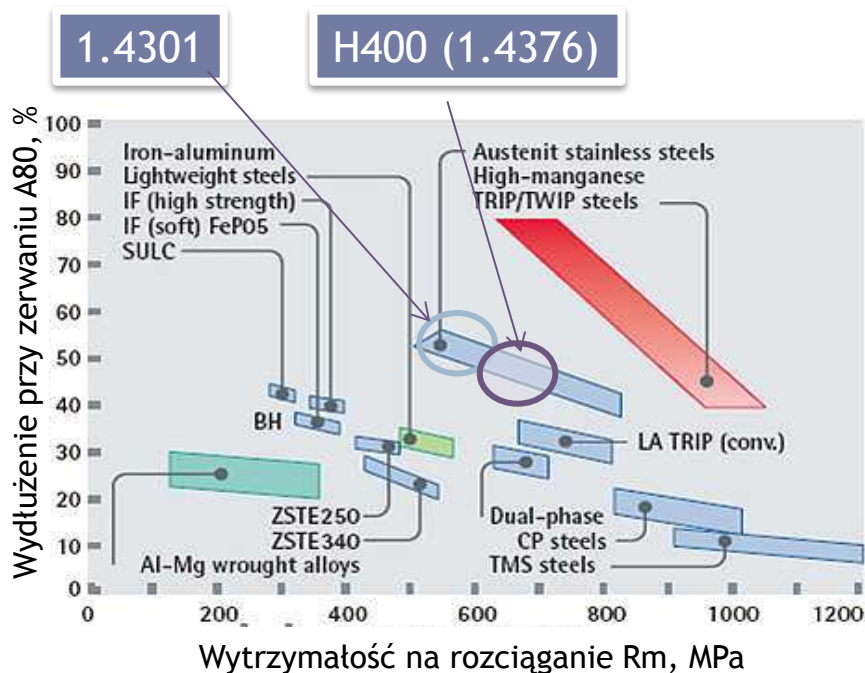
- Austenityczne stale nierdzewne o wysokiej wytrzymałości 1.4318 (AISI 301LN).
 - wysoką podatnością do umocnienia przez zgniot,
 - wytrzymałość na rozciąganie (1300MPa),
 - korzystny stosunek wytrzymałości do plastyczności,
 - dobra odporność korozyjna,
 - duża zdolnością do pochłaniania energii w wyniku dynamicznych obciążeń,
- Obecnie stosowany w konstrukcjach transportu kolejowego (połączenie wysokiej wytrzymałości przy zachowaniu jak najniższej masy)
- Dynamicznie rozwijają się gatunki wzbogacone w mangan, Cr-Ni-Mn
 - Nowy gatunek stali austenitycznej wysokomanganowej 1.4618 - nie ujęty jeszcze w normie EN 10088
 - klasyczne Cr-Ni-Mn stale 1.4371, 1.4372, 1.4373.



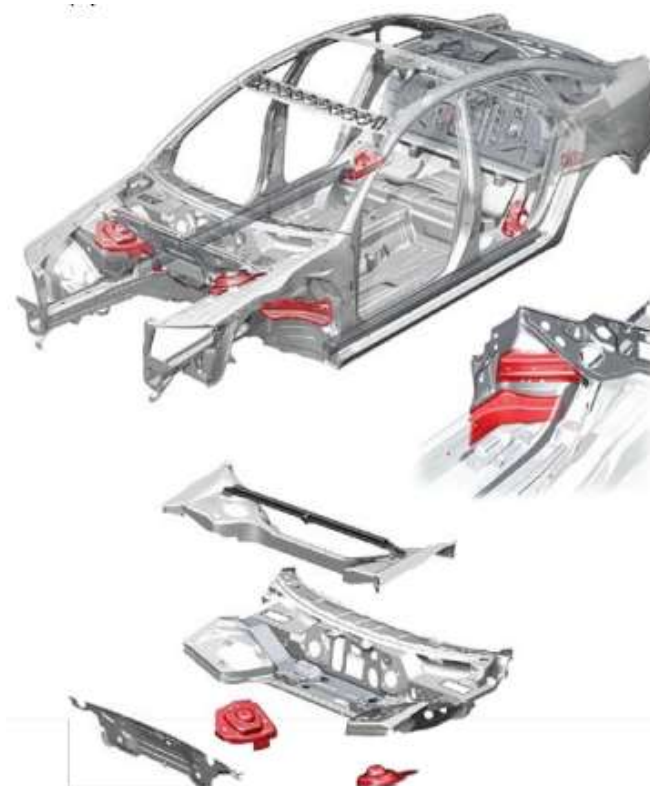
Przemysł motoryzacyjny

• Elementy konstrukcyjne

- Austenityczne stale nierdzewne o wysokiej wytrzymałości
- 1.4376, 1.4318, 1.4310
- Stal 1.4376 (X8CrMnNi19-6-3) (S20100) - H400 Nirosta



- Wysoki stopień odkształcenia przy zachowaniu wysokiej wytrzymałości
- Własności ważne przy kolizji pojazdu
- Możliwość redukcji wagi elementów o 20%



Elementy wysokowytrzymałej stali Nirosta H400 w konstrukcji Audi A6

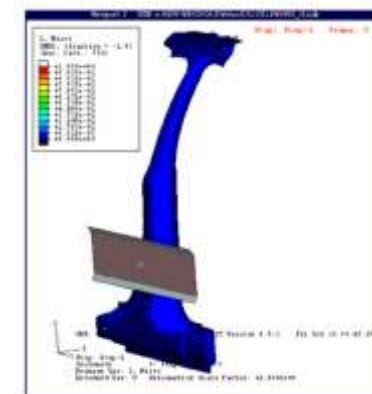
Przemysł motoryzacyjny

• Elementy konstrukcyjne

- *Next Generation Vehicle project* - 2004 - 2007
- Testy stali nierdzewnych z przeznaczeniem na element karoserii samochodów osobowych: badano stale austenityczne 1.4376, 1.4318, 1.4310 i duplex 1.4162

Słupki drzwiowy przedni (A-pillar)

- EN 1.4310 (17%Cr, 7%Ni, 0,1%C)
- Zmniejszenie wagi elementu o 24% w porównaniu do stali węglowej DP600
- Wysokie własności mechaniczne
 - C1000 - $R_m=1000\text{MPa}$, $R_p=740\text{MPa}$, $A=30\%$
- Zmniejszenie emisji spalin i wzrost bezpieczeństwa

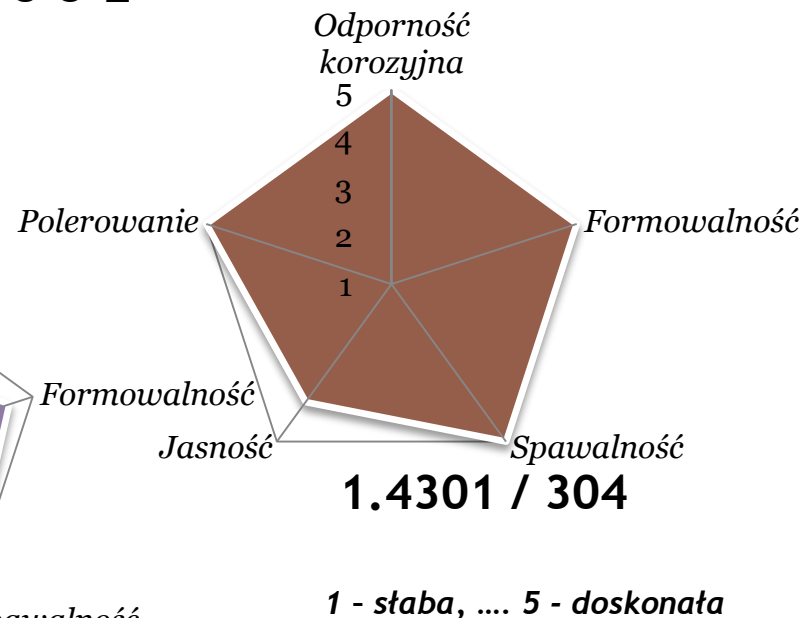
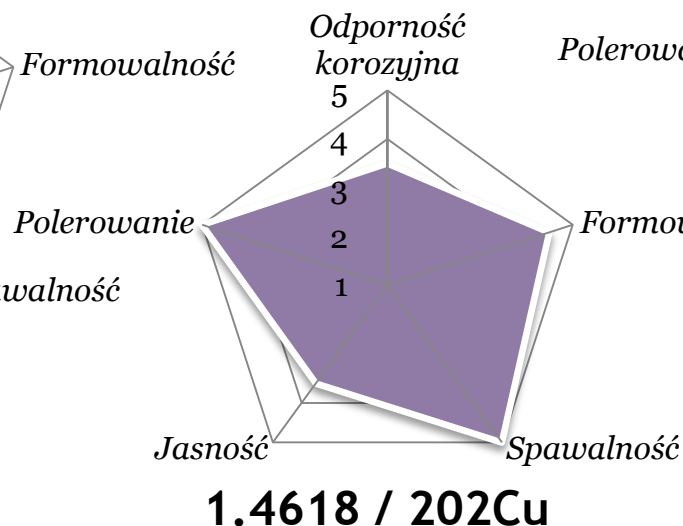
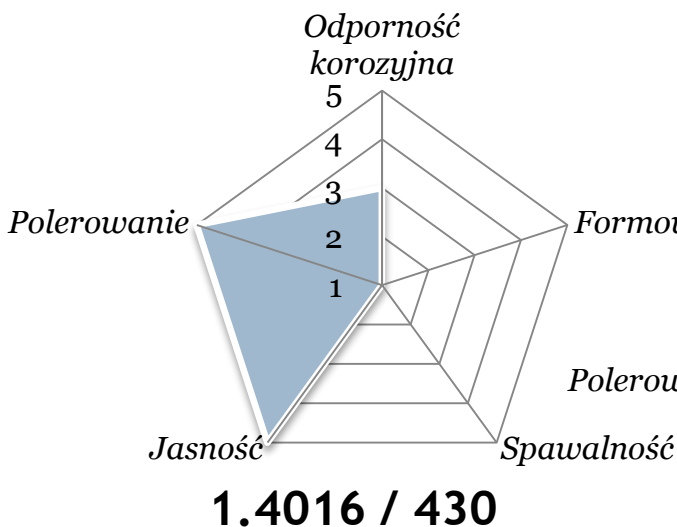


Przemysł motoryzacyjny

• Elementy konstrukcyjne

• Najczęściej stosowane gatunki - zastosowania konstrukcyjne

- Ferrytyczne - 1.4003 (X2CrNi12), 1.4016 (AISI 430),
- Austenityczne - 1.4301/1.4307, 1.4318 (X2CrNiN18-7) - AISI301L
- Duplex 1.4162 (LDX2101), 1.4362 (2304), 1.4442 (2205)
- Austenityczne stale manganowe - 1.4371, 1.4372, 1.4373, seria 200 AISI,
Nowy gatunek EN 1.4618 - X9CrMnNiCu17-8-5-2

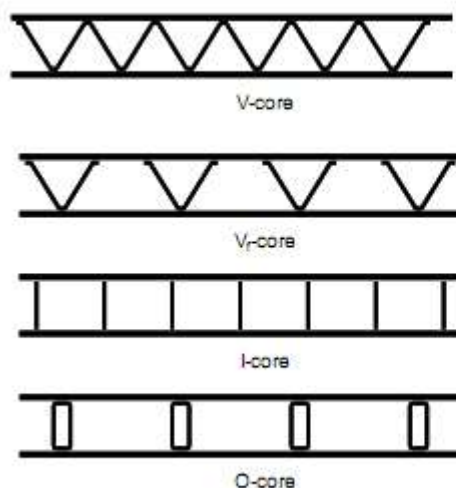
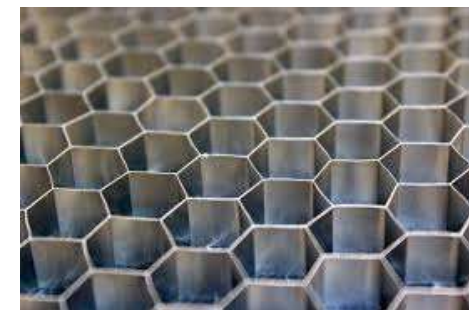


Źródło: A. Kosmac, Innovative stainless steel applications in transport vehicles-INSAPTRANS

Z. Brytan, Stale nierdzewne w branży samochodowej – zastosowania i możliwości: Stale nierdzewne w branży motoryzacyjnej i transporcie, Stowarzyszenie Stal Nierdzewna, Międzynarodowe Targi Poznańskie, 4.06.2014, Poznań

Przemysł motoryzacyjny

- Elementy konstrukcyjne
- Lekkie panele wielowarstwowe typu Sandwich - struktura wewnętrzna plastra miodu lub inne prostsze kształty
- 1.4376, 1.4318, 1.4310, 1.4301
- Zastosowanie:
 - Konstrukcje pojazdów kołowych, pływających
- Duży potencjał w zmniejszaniu wagi konstrukcji



www.nauticexpo.com

Projekt INSAPTRANS - zastosowanie stali odpornych na korozję w transporcie samochodowym

Przemysł motoryzacyjny

- Elementy konstrukcyjne
- Kratownice konstrukcji i poszycie autobusów (tramwajów, pociągów)
- Lekkie konstrukcje wielowarstwowe typu sandwich
- Autobusy
 - Rama nadwozia zbudowana z kształtowników z ferrytycznej stali nierdzewnej 1.4003
 - Taka koncepcja konstrukcji wydłużyła czas eksploatacji i ogranicza wagę pojazdu
- Wagony metra - stal ferrytyczna 1.4003, powierzchnia malowana



Więcej w materiałach z seminarium „Nowatorskie zastosowania stali nierdzewnej w pojazdach transportowych - INSAPTRANS”, Warszawa 7 października, 2008 - www.stalnierdzewne.pl

Przemysł motoryzacyjny

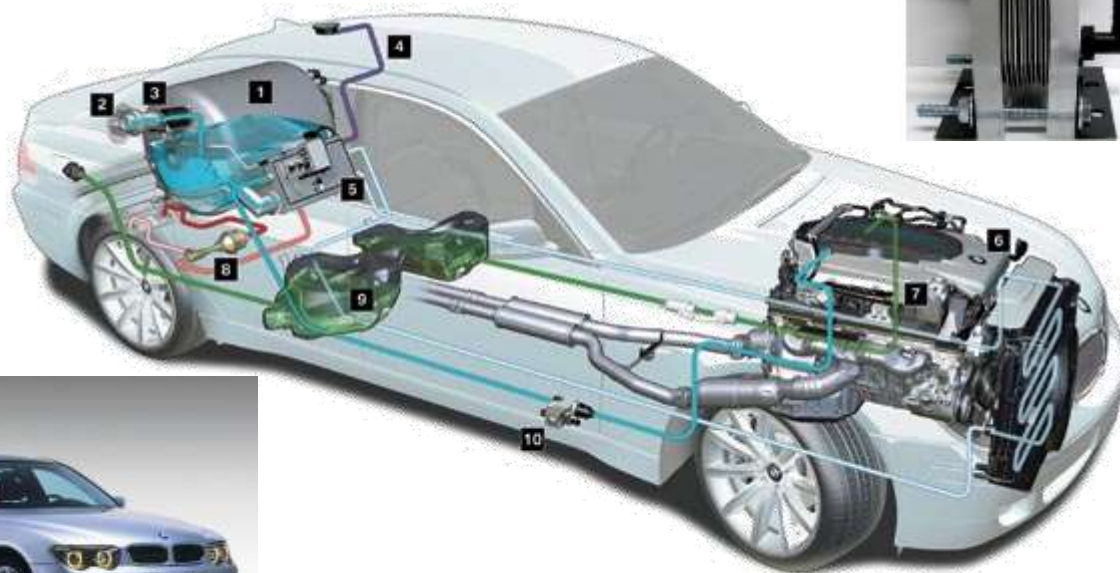
- Elementy konstrukcyjne
- Stale nierdzewne ferrytyczno-austenityczne typu Lean duplex np. 1.4162, 1.4662, przez dodatek manganu
 - mogą stanowić tańszą konkurencję dla standardowych stopów dwufazowych 1.4462 i stali austenitycznych
- Zastosowania
 - konstrukcje cystern samochodowych - do tej pory wytwarzane głównie z użyciem stali austenitycznych 1.4301/1.4307, 1.4401/1.4404 a w przypadku specjalnych chemikaliów stali 1.4539.
 - konstrukcje cystern do transportu substancji w temp. kriogenicznej
 - ograniczenie wagę konstrukcji o 30% w stosunku użycia stali konwencjonalnej
 - Cysterny do transportu mleka



Centro Inox

Przemysł motoryzacyjny

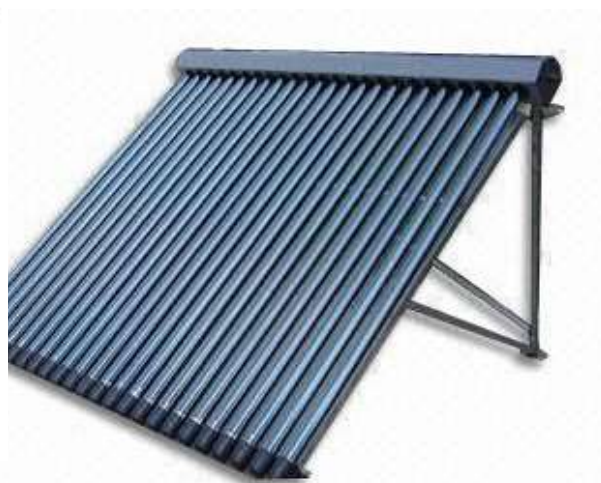
- Inne zastosowania - ogniwa wodorowe (HHO)
- Ogniwa wodorowe HHO
- Wytarzanie wodoru, który z powietrzem trafia do komory spalania - zmniejszenie zużycia paliwa do 30%
- Elektrolizer zbudowany z płytek ze stali nierdzewnej
 - 1.4307 / 1.4404
- BMW Hydrogen 7 (2007)



Barwienie powierzchni

Chemiczne barwienie stali na czarno

- W tej metodzie stosuje się związki chemiczne, które reagują ze stalą nierdzewną tworząc cienką i gładką warstwę czarnych tlenków.
- Do barwienia stosuje się kąpiel stopionej soli dichromianu sodu o temperaturze ok 400°C, zwykle na 5 do 30 minut.
- barwienie na czarno wycieraczek szyb
- barwienie elementów złącznych

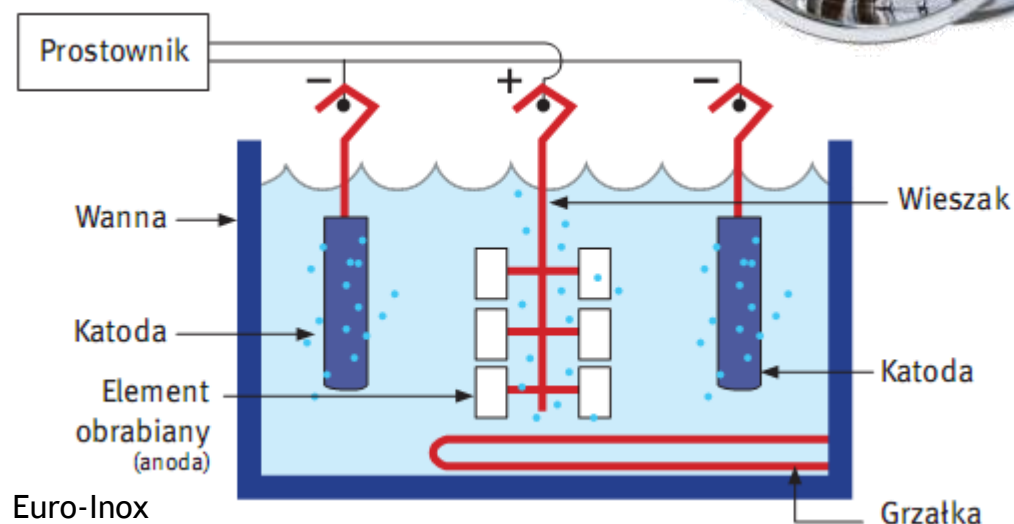


Barwienie powierzchni

Elektropolerowanie

Polerowanie elektrolityczne usuwa zanieczyszczenia i selektywnie rozpuszcza ostre krawędzie oraz zadziory powierzchni.

- Wywiera korzystny wpływ na wygląd powierzchni, wygładza i rozjaśnia powierzchnię, zmniejsza chropowatość.
- W wyniku przepływu prądu elektrycznego usuwana jest warstwa metalu z powierzchni elementu zanurzonego w elektrolicie



Przemysł motoryzacyjny

- Stopy przeznaczone na odlewy
- Zastosowania (elementy o dużych wymiarach i masie):
 - elementy pomp (wirniki),
 - turbosprężarki (obudowy),
 - kołnierze dystansowe,
 - kolektory dolotowe i inne o kształcie możliwym do realizacji
- Pod względem składu chemicznego zawierają podwyższone stężenie krzemu (Si) - zwykle 0,8 - 1,5%,
(zwiększa lejność, ułatwia zalewanie formy, zmniejsza liczbę wad geometrycznych i powierzchniowych)
- Najczęściej stosowane gatunki - stale austenityczne

Porównanie oznaczeń stali nierdzewnych przeznaczonych do przeróbki plastycznej i odlewania

Stal do przeróbki plastycznej EN 10088	Staliwo do odlewania EN 10283
1.4301 / X5CrNi18-10	1.4308 / GX5CrNi19-10
1.4307 / X2CrNi18-9	1.4309 / GX2CrNi19-11
1.4401 / X5CrNiMo17-12-2	1.4408 / GX5CrNiMo19-11-2
1.4404 / X2CrNiMo17-12-2	1.4409 / GX2CrNiMo19-11-2
1.4541 / X6CrNiTi18-10	1.4552 / GX5CrNiNb19-11
1.4571 / X6CrNiMoTi17-12-2	1.4581 / GX5CrNiMoNb19-11-2

Przemysł motoryzacyjny

- Spiekane stale nierdzewne
- Charakterystyka technologii metalurgii proszków:
 - wysoka opłacalność wytwarzania produktów,
 - duża dokładność i powtarzalność kształtów,
 - oszczędność energii i materiału.
 - umożliwia wytwarzanie elementów o skomplikowanych kształtach
- Zastosowania (drobne elementy):
 - elementy wycieraczek,
 - uchwyty lusterek wewnętrznych,
 - połączenia kołnierzowe w układzie wydechowym,
 - elementy mocujące czujników stężenia tlenu w gorących spalinach,
 - pierścienie sensora ABS
 - elementy silnika - korbowody, pokrywy łożysk, wstawiane gniazda zaworów, elementy systemu rozrządu
 - elementy skrzyni biegów, przekładni napędowej, układu zawieszenia



Przemysł motoryzacyjny

- Spiekane stale nierdzewne
- Udział elementów wytwarzanych tą technologią w masie typowego samochodu osobowego w USA w 2012 r. wyniósł **20 kg** (nawet **30 kg**) podczas, gdy w Europie na samochód osobowy przypadało średnio **8,8 kg**.
- Spiekane stale austenityczne :
 - zatrzaski pasów bezpieczeństwa,
 - zawory systemu grzewczego
 - głównym kryterium doboru materiału jest odporność na korozję
- AISI 303L, 304L i 316L (~1.4305, 1.4307, 1.4404)
- Spiekane stale ferrytyczne:
 - pierścienie sensorów ABS,
 - połączenia kotnierzowe w układzie wydechowym,
 - kryterium doboru - własności mechaniczne i odporność na utlenianie
- AISI 409L, 410L, 430L i 434L (1.4512, 1.4006, 1.4016, 1.4113)
- Spiekane stale martenzytyczne AISI 410L (1.4006).



Ford Edge, model z roku 2011, w którym udział elementów spiekanych wynosi około 30kg

Wyzwania przed stalą nierdzewną w branży samochodowej

• Zagrożenia

- Brak stabilności cenowej stali z dodatkiem Ni
- Rozwój tworzyw sztucznych i kompozytów konstrukcyjnych
- Wciąż brak dostatecznej wiedzy na temat stali nierdzewnej



• **Możliwości i szanse**

- Wszechstronność stali nierdzewnych - gatunków, technologii obróbki powierzchniowej, konstrukcji wielowarstwowych,
- Rozwój stali o niższym udziale Ni na rzecz stali z dodatkiem Mn (zmniejszenie wagi konstrukcji - oszczędność paliwa),
- Wzrost udziału elementów spiekanych ze stali nierdzewnych,
- Rosnąca świadomość użytkowników na temat stali nierdzewnej,
- Stal nierdzewna w instalacjach produkcji paliw - biodiesel, stacje ładowania samochodów elektrycznych, itd.

Więcej w Z. Brytan, Stal nierdzewna w branży automotive, STAL Metale & Nowe Technologie wydanie nr 11-12/2013,



Silesia automotive

Wizją Silesia Automotive jest wykreowanie województwa śląskiego i opolskiego jako środkowoeuropejskiego regionu kompetencji branży motoryzacyjnej.

Członkowie

"Silesia Automotive" wspiera współpracę wśród ponad 250 podmiotów z województwa śląskiego, opolskiego i województw sąsiadujących, w tym:

- **Ponad 230 przedsiębiorstw** dostarczających: pojazdy, silniki do samochodów, metalowe części tłoczone i spawane, elementy z tworzyw sztucznych, wiązki elektryczne, odlewy i odkuwki, szyby samochodowe i inne komponenty i systemy
- **Uczelnie wyższe**, takie jak Politechnika Śląska, Politechnika Częstochowska, Akademia Humanistyczno-Techniczna w Bielsku-Białej
- **Jednostki naukowe**, takie jak Instytut Metali Nieżelaznych w Gliwicach, Instytut Metalurgii Żelaza, Instytut Spawalnictwa
- Szkoły techniczne
- Dostawcy usług specjalistycznych

<http://silesia-automotive.pl/>

Oferta badawcza

Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

dr inż. Zbigniew Brytan

zbigniew.brytan@polsl.pl

Tel; (0048) 32 237 29 23

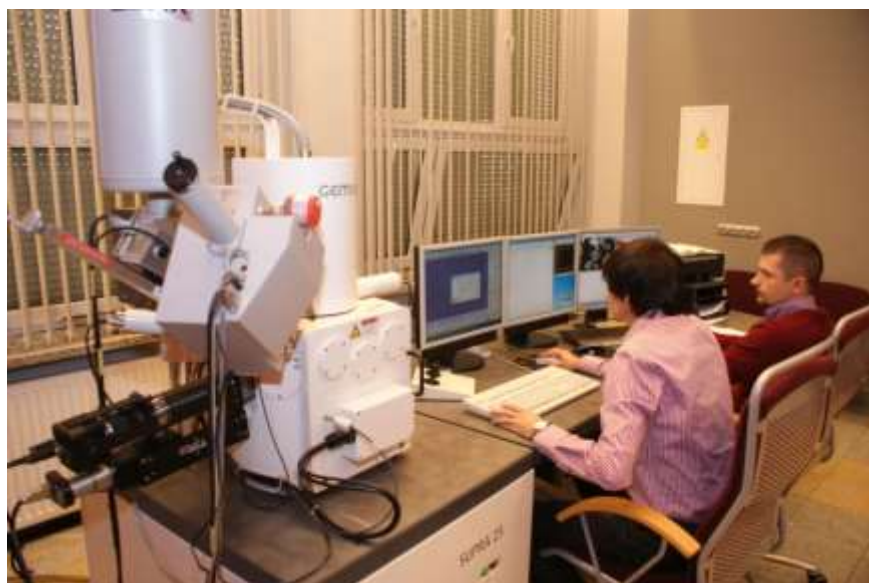
Politechnika Śląska w Gliwicach

Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

www.imiib.polsl.pl

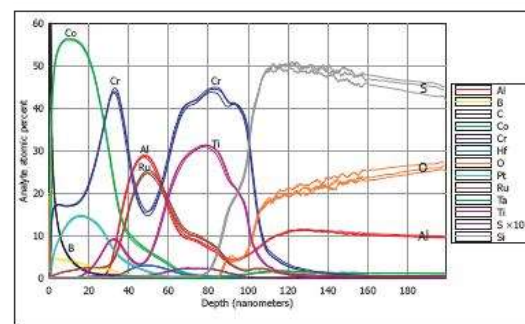
Politechnika Śląska w Gliwicach Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

- Charakteryzacja struktur i własności stali nierdzewnych
 - Mikroskopia świetlna, skaningowa, transmisyjna



Politechnika Śląska w Gliwicach Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

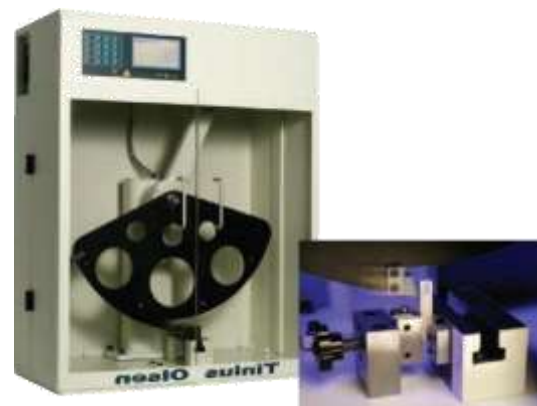
- Charakteryzacja struktur i własności stali nierdzewnych
 - Badania składu chemicznego i fazowego
 - spektroskopia emisyjna GDOS,
 - rentgenografia strukturalna



Politechnika Śląska w Gliwicach

Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

- Charakteryzacja struktur i własności stali nierdzewnych
 - Statyczna próba rozciągania, pomiary twardości, udarności, próby tłoczności



Politechnika Śląska w Gliwicach Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

- Charakteryzacja struktur i własności stali nierdzewnych
 - Badania korozyjne - komora solna, oznaczanie śladowych ilości chlorków

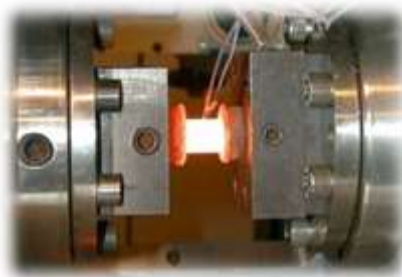
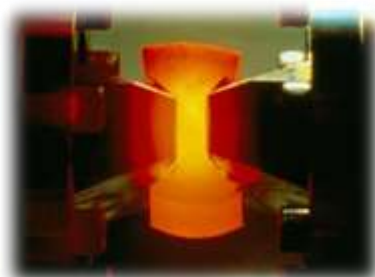


Politechnika Śląska w Gliwicach

Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych



- **Laboratoria technologiczne**
 - przetwórstwa materiałów kompozytów i polimerowych
 - laserowej obróbki powierzchniowej
 - laserowego konstrytuowania materiałów
 - inżynierii powierzchni pokryć nanostrukturalnych
 - obróbki cieplnej
 - metalurgii proszków i materiałów ceramicznych
 - odkształcenia plastycznego
 - nanomateriałów
 - wizualizacji metodami wirtualnej rzeczywistości



Dziękuję za uwagę

dr inż. Zbigniew Brytan

zbigniew.brytan@polsl.pl

Tel; (0048) 32 237 29 23

Politechnika Śląska w Gliwicach

Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

www.imiib.polsl.pl