



POLITECHNIKA
LUBELSKA

WYKORZYSTANIE ZAAWANSOWANYCH STALI

W PRZEMYŚLE MOTORYZACYJNYM

"Większość dużych konstrukcji metalowych wykonana jest ze **stali węglowej** najbardziej użytecznego na świecie materiału konstrukcyjnego".

Strona Centrum Kosmicznego Kennedy'ego

Materiał dla nowoczesnych budynków, medycyny, bezpieczeństwa wewnętrznego, pakowania żywności, transportu i infrastruktury, bezpieczeństwa wewnętrznego, pakowania żywności, transportu i infrastruktury.

W dzisiejszych samochodach stal stanowi około **62% masy**.

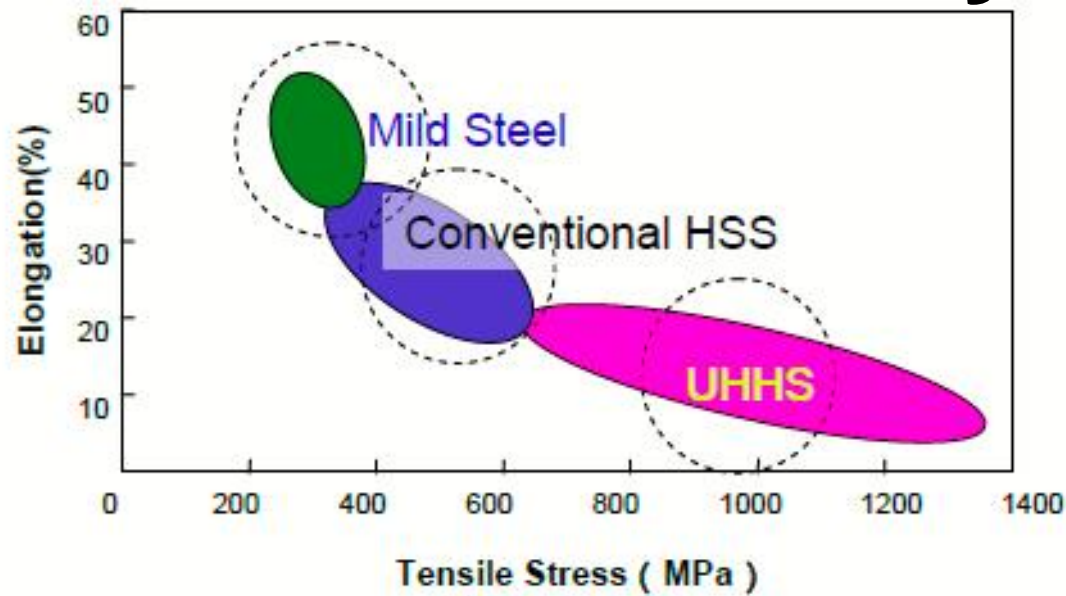
Stal jest szkieletem całego pojazdu - chroni pasażerów, zapewnia pozytywne wrażenia z jazdy, reaguje na obciążenia drogowe, zapewnia komfort i punkty mocowania do innych elementów pojazdu ^[1].

Podstawy metalurgii blach stalowych

- Work Hardening (Wzmocnienie dyslokacyjne)
- Wzmocnienie w roztworze stałym
- Uszlachetnianie ziarna
- Wzmocnienie przez wytrącanie
- Przemiany fazowe

Wytrzymałość/odkształcalność w stali uzyskiwana jest dzięki kombinacji mechanizmów

Blacha stalowa a samochody [2]



Stal o wysokiej wytrzymałości pozwala zaoszczędzić tony na wywrotkach naczepowych

Dzięki zastosowaniu odpowiedniego rodzaju stali i inteligentnej konstrukcji można zmniejszyć ciężar całkowity wywrotki z naczepą nawet o 3 400 kg. Poniższe przykłady pokazują, jakie oszczędności można osiągnąć w zakresie masy różnych części: ^[1]

- Podwozie 11 m -500 kg
- Podwozie 6 m -300 kg
- 63 m² skrzyni ładunkowej 3 000 kg
- 17 m² skrzyni ładunkowej -1 200 kg
- Zderzaki i zabezpieczenia przed wjechaniem pod pojazd 50 kg

Stopy aluminium w motoryzacji

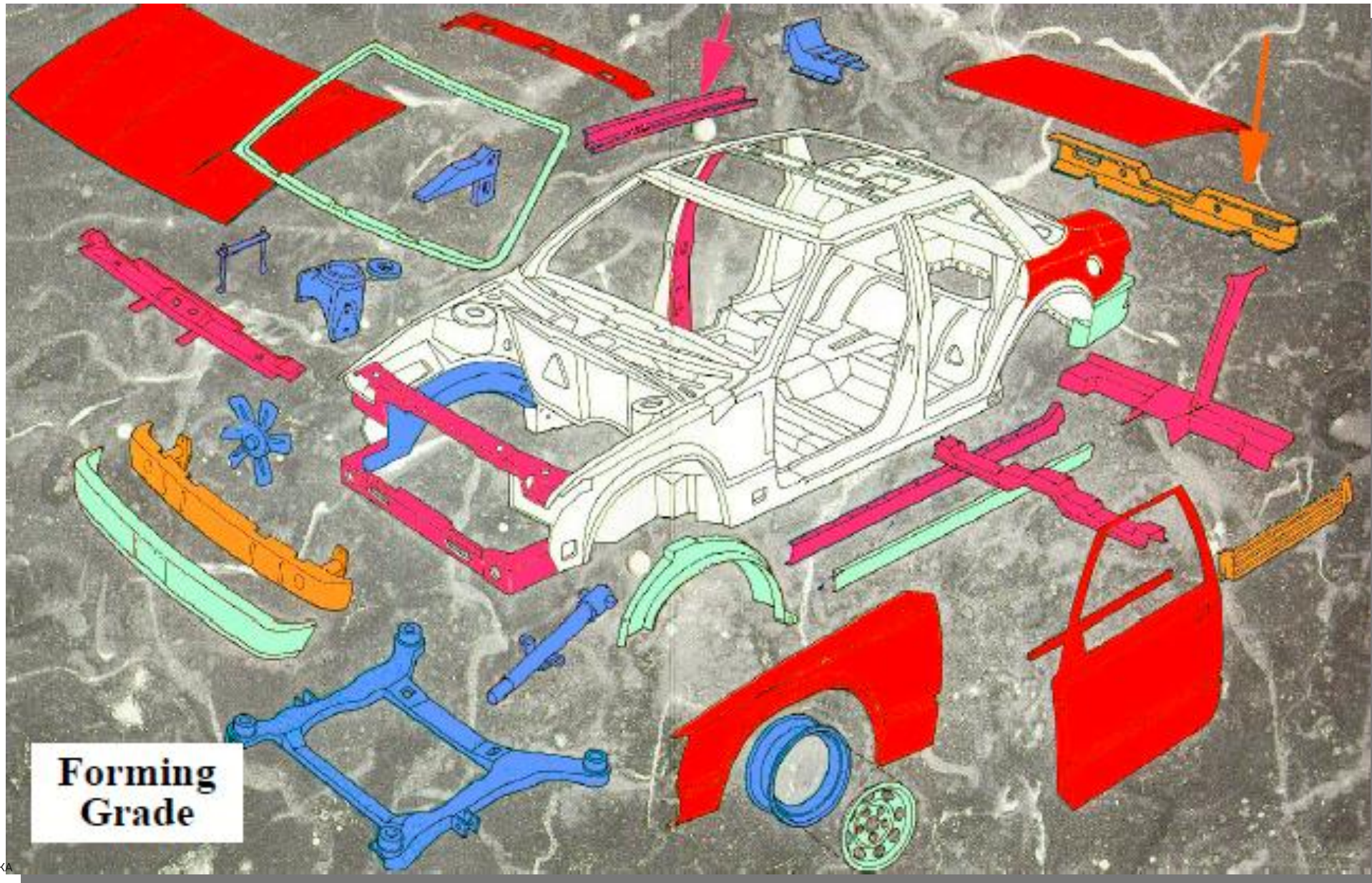
W branży motoryzacyjnej najczęściej stosuje się stopy aluminium takie jak [5]:

- **seria 4000** – aluminium z krzemem – charakterystyczną cechą jest wysoka wytrzymałość oraz odporność na korozję; produkuje się z nich m.in. felgi samochodowe;
- **seria 5000** – jest to stop aluminium z magnezem, który nie posiada wysokiej wytrzymałości, natomiast jest odporny na korozję; wykorzystywany jest do produkcji części, które nie muszą posiadać wysokiej wytrzymałości, natomiast mają ładnie wyglądać i być odporne na korozję;
- **seria 6000** – aluminium zawierające magnez oraz krzem; cechuje się wysoką odpornością na korozję i posiada dobrą plastyczność, służy do produkcji części nośnych w ciężarówkach;
- **seria 7000** – stop aluminium z cynkiem i magnezem; po poddaniu obróbce cieplnej zyskuje najwyższą wytrzymałość. W porównaniu z pozostałymi stopami aluminium nie ma wysokiej odporności na korozję, nadaje się za to do spawania oraz do obróbki skrawaniem.

odporna na wgniecenia

wysoka wytrzymałość

ultra wysoka wytrzymałość [2]



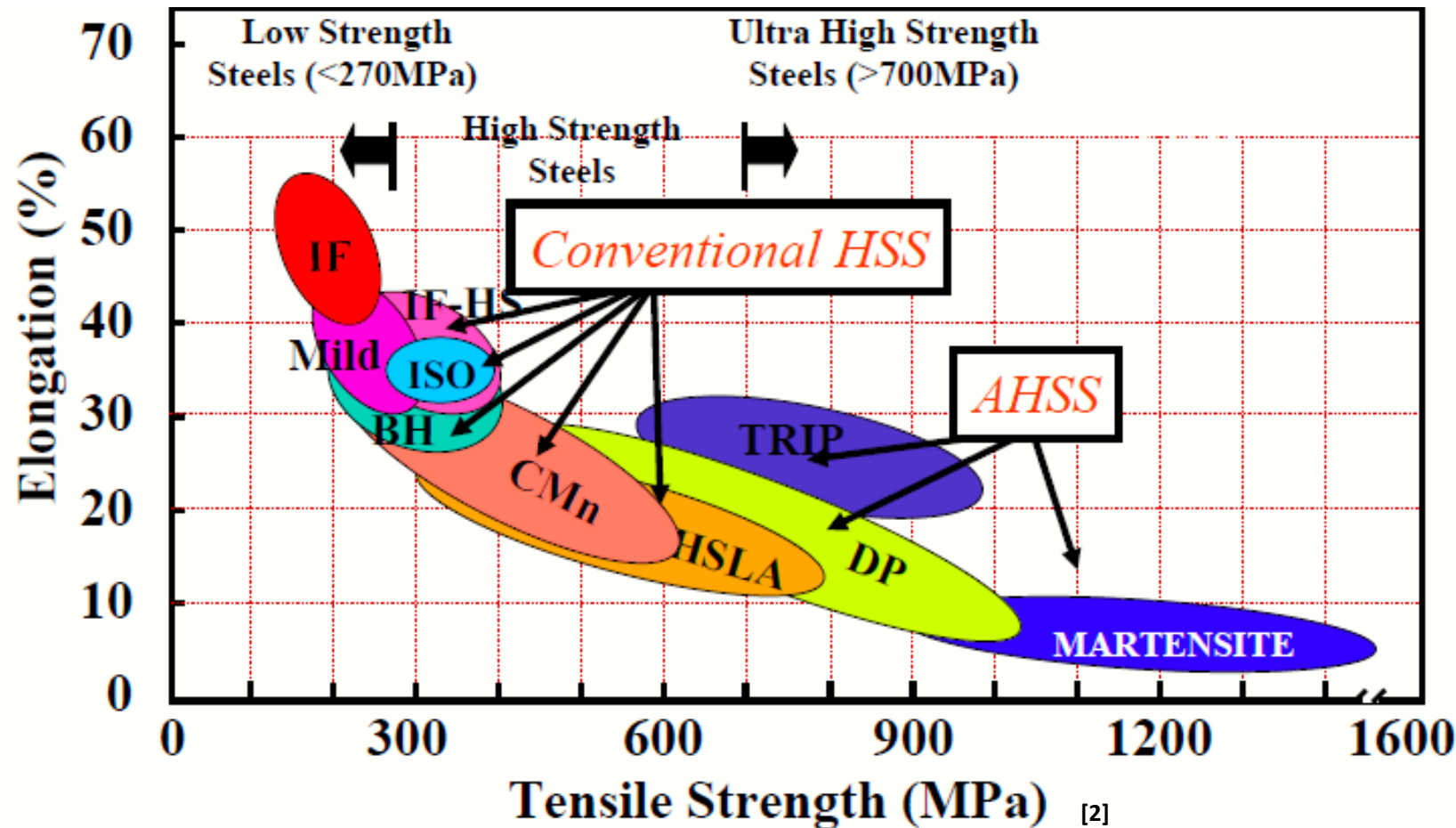
Forming
Grade



POLITECHNIKA
LUBELSKA

- Wykorzystanie stali o wysokiej wytrzymałości pozwala zmniejszyć rozmiar niektórych części, jednocześnie zwiększając bezpieczeństwo poprzez przejęcie większej ilości energii podczas kolizji. W przeciągu ostatnich kilkudziesięciu lat zmieniła się metoda produkcji stali.
- Wykorzystując nowoczesne metody, można uzyskać poziom zanieczyszczeń 10–20 ppm, a wykorzystując tradycyjne metody – co najwyżej 200–400 ppm [4].
- W zależności od przeznaczenia stosuje się różne rodzaje stali lub łączy się stal z innymi substancjami. Aby stal była odporna na korozję, pokrywa się ją stopami cynku, np. Zn-Be, Zn-Ni.
- Z kolei nakładanie powłok odbywa się nie poprzez zanurzenie na gorąco, a poprzez elektroosadzanie. [3]
- Stale niskowęglowe DQSK (ang. *Drawing Quality Special Killed*) i IF (ang. *Interstitial Free*) są miękkie oraz plastyczne.
- Charakteryzują się wytrzymałością na rozciąganie R_m poniżej 300 MPa oraz wydłużeniem całkowitym A na poziomie 30–60%.

HSS i AHSS



Stale o zwiększonej wytrzymałości HSS (ang. *High Strenght Steel*), do których zalicza się m.in. stal CMn (ang. *Carbon Manganese*) oraz stal BH (ang. *Bake Hardenable*), posiadają wytrzymałość na rozciąganie R_m wynoszącą 300–700 MPa, natomiast wydłużenie całkowite A jest mniejsze niż w stalach niskowęglowych.

Stale o zaawansowanie zwiększonej wytrzymałości AHSS (ang. *Advanced High Strenght Steel*) posiadają R_m 700–2 000 MPa oraz wydłużenie A 5–30%. Istnieje zależność pomiędzy zawartością węgla, która zwiększa wytrzymałość materiału, a zmniejszeniem jego plastyczności. [3].

Zastosowania w przemyśle motoryzacyjnym



Struktura nadwozia Kia Sportage to w 51% AHSS

Konstrukcja modelu Kia Sportage 2017 została znacznie poprawiona dzięki szerokiemu zastosowaniu AHSS.

- Dzięki temu, że 51 % BIW Sportage'a składa się z AHSS, w porównaniu do 18 % w poprzednim modelu.
- Sztywność skrętna wzrosła o 39 % w porównaniu do 18% w poprzednim modelu, sztywność skrętna wzrosła o 39%.

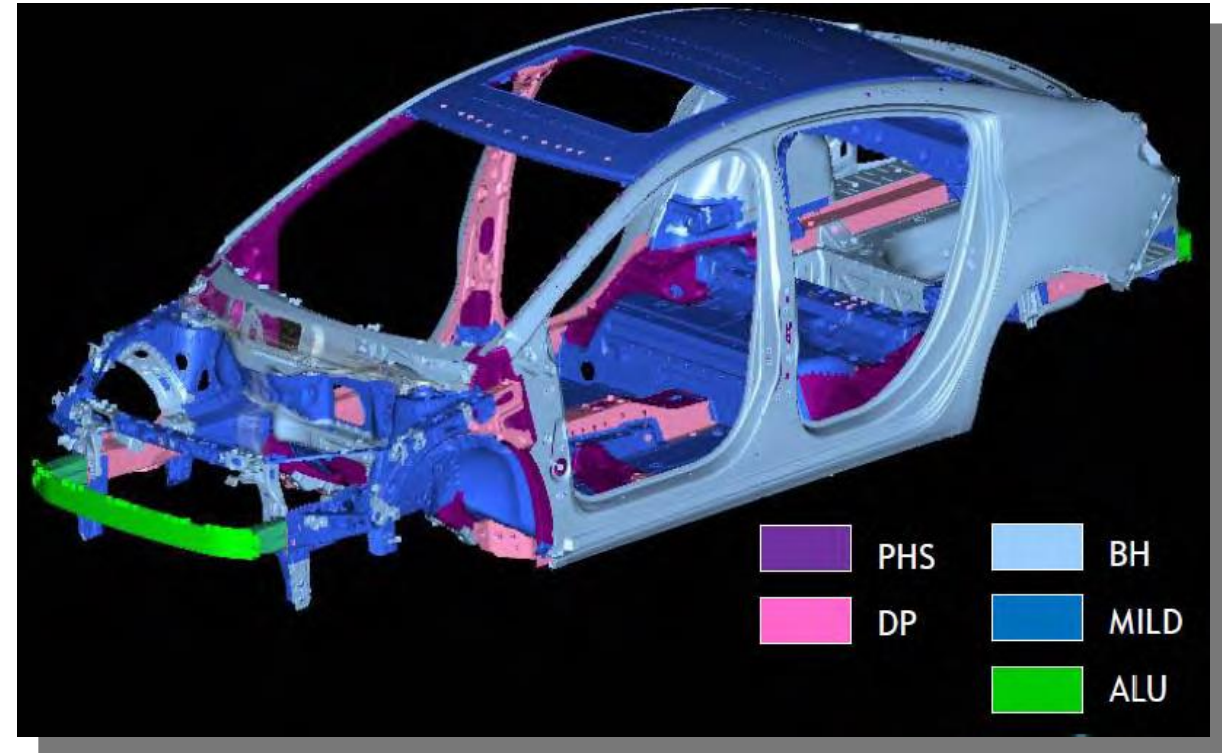
Ponadto, Sportage zdobył Top Safety Pick Plus (TSP+) for Highway Safety w przypadku wyposażenia w opcjonalne systemy zapobiegające zderzeniom czołowym.

Ocena odzwierciedla najwyższe wyniki w każdym z pięciu testów wytrzymałości na zderzenia, jak również integrację technologii wspomagających kierowcę, które pomagają w zapobieganiu kolizjom.



Chevrolet Cruze 2016-17

- Nowa generacja Chevrolet Cruze stanowi nową pozycję GM w segmencie samochodów kompaktowych średniej wielkości.
- Celem było ustanowienie nowych benchmarków w zakresie zużycia paliwa, prowadzenia i inteligentnej technologii.
- Celem było wykorzystanie jak największej ilości stali o wysokiej wytrzymałości (rys)
- 72% nadwozia Cruze'a składa się z AHSS, co zwiększa oszczędność paliwa bez uszczerbku dla bezpieczeństwa pasażerów.
- Te działania, wraz z przeprojektowaniem całej konstrukcji, zaowocowały obniżeniem masy nadwozia o 52 kg.



Rys. Podział materiałów w pojeździe Chevrolet Cruze

Chrysler Pacifica 2017



- Lżejszy o około 150 kg (w zależności od modelu), sztywniejszy i bardziej aerodynamiczny niż poprzedni model.
- Chrysler Pacifica charakteryzuje się wyraźnie lepszą dynamiką, mniejszym przechyłem nadwozia i większą zdolnością w pochłanianiu wstrząsów na drodze, niższym poziomem przechyłu nadwozia i większą zdolnością w pochłanianiu i rozkładaniu uderzeń w nawierzchnię.
- Zastosowania zaawansowanych, tłoczonych na gorąco, wysokowytrzymałych stali, zastosowania klejów strukturalnych tam, gdzie jest to konieczne oraz intensywnej koncentracji na optymalizacji masy.
- W modelu Pacifica zastosowano około 22 % więcej stali HSS niż w poprzedniej wersji, z czego 48 % to stal AHSS, która maksymalizuje sztywność i wytrzymałość przy jednoczesnej optymalizacji masy.
- Pierwszy w ofercie amerykańskiego koncernu FCA drzwi przesuwnych, który w takim stopniu łączy AHSS z optymalizacją masy materiału. Konkretnie elementy stalowe, które przyczyniają się do lekkiego układu zawieszenia są następujące:
 - Cienkościenne kołyska przedniego zawieszenia wykonana z HSS z "otworami oświetleniowymi" (np. usunięto "nieistotny" materiał) we wszystkich modelach, jak również hydroformowane boczne listwy przedniej kołyski, które umożliwiają obniżenie wagi.
 - Cienkościenne, stalowe wahacze w tylnym zawieszeniu, dzięki konstrukcji typu "blade", która zapewnia wytrzymałość i trwałość bez zwiększania masy.

Przykładowe części wykonane przy użyciu Usibor1500PFuel [2]

Applications:



KOMPONENTY

GATUNKI STALI

Belka wzdłużna (środek)



Strenx® 700 i 960, 6 – 15 mm

Belka wzdłużna (pas)



Strenx® 700 i 960, 10 – 30 mm

Belka poprzeczna podwozia



Strenx® 700 i 960, 5 – 12 mm
Profile wydrążone, 8 – 10 mm

Zespół sworznia królewskiego



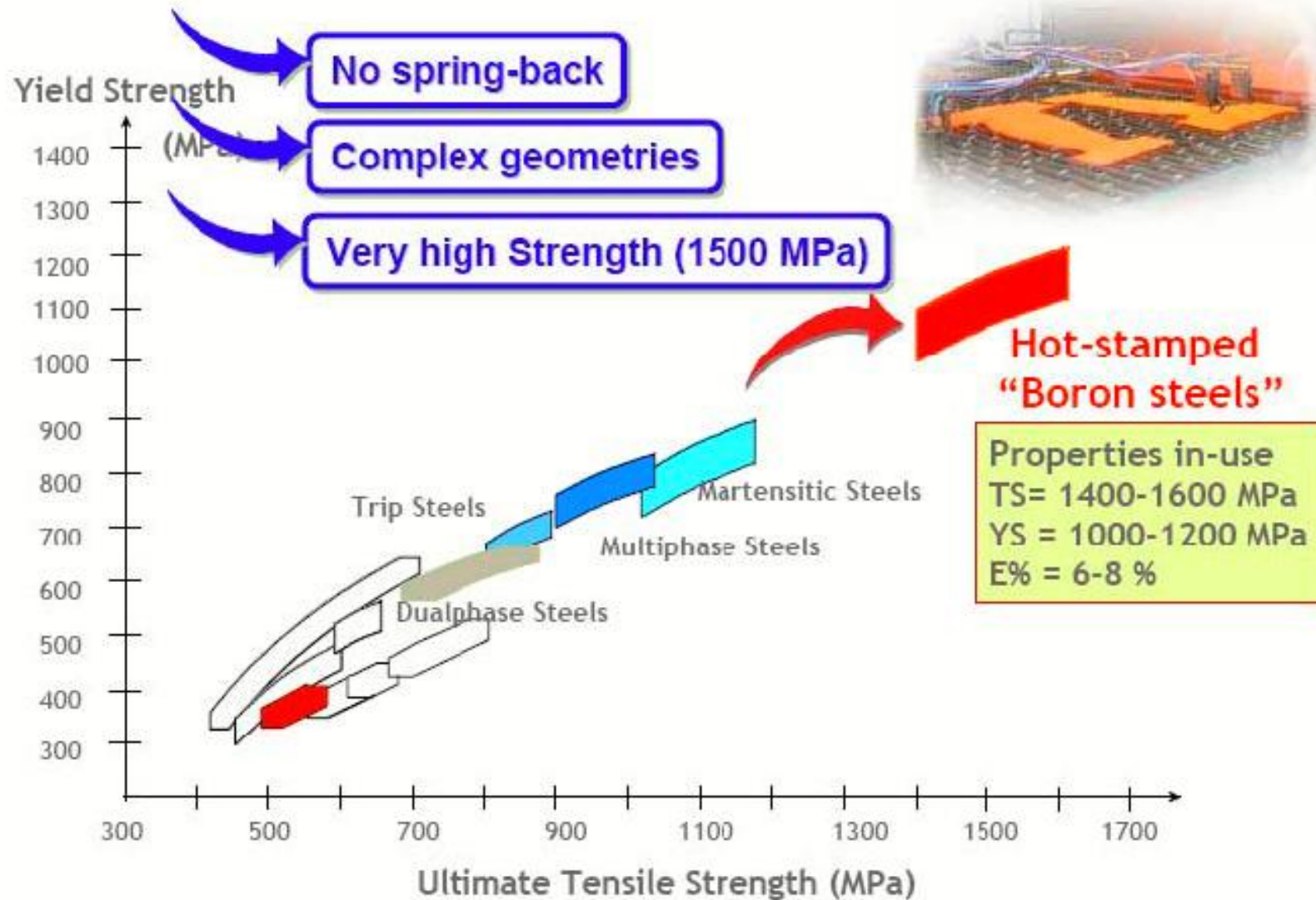
Strenx® 700 i 960, 10 – 25 mm

Tylne zabezpieczenie przeciwnajzdowe



Strenx® 700 i 960, 3 – 5 mm

Główne właściwości po wytlaczaniu na gorąco^[2]



Produkcja SSAB – Poznań [1]



OXYGEN CUTTING

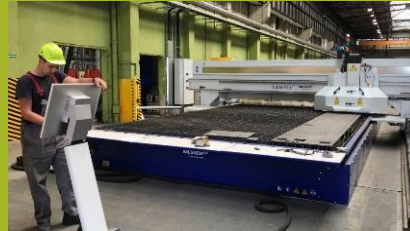
- Marka: Messer
- Grubość: 10-180 mm
- Obszar roboczy: 5 x 13 m
- 4 palniki
- Tolerancje: EN 9013-1
Klasa 2

- Marka: Messer
- Obszar roboczy 2,5x13 m
- 12 palników
- Tolerancje: EN 9013-1
Klasa 2



PLASMA CUTTING

- **Marka:** Messer
- Źródło: 2 x Hypertherm 260A
- Grubość: 3-25 mm
- Obszar roboczy: 5x13 m
- 2 palniki
- **Marka:** Messer
- Źródło: Hypertherm 260A
- Grubość: 3-25 mm
- Obszar roboczy: 2,5x13 m
- 1 palnik
- **Marka:** ESAB (Plasma/Oxy)
- Źródło: ESAB m3 450A
- Jeden palnik plazmowy/dwa palniki tlenowe
- Obszar roboczy: 3x14 m
- Grubość: 2-50/10-180 mm
- Maks. kąt ukosowania: 45°
- Obrót 3D: +/- 540deg.



LASER CUTTING

- Marka: Messer
- Źródło: Fanuc 6kW
- Grubość: 0,5-25 mm
- Obszar roboczy: 4x14 m
- Fazowanie laserowe:
< 15 mm
- Max kąt fazowania: 45°
- Obrót 3D: Bez ograniczeń
- Tolerancje: EN 9013-1
klasa 1



BENDING

- **Marka:** Ursviken
- Długość 12,2 m
- 10,2 m między stojakami
- Maksymalna moc prasy
2 000 ton
- Cechy: FlexiCrown, Variable
Die Tool, 6 osiowy back gauge
sterowany CNC oraz
rozwiązanie Narrow Radius.
- **Marka:** Durma
- Długość 10,5 m
- 9.2 m pomiędzy stanowiskami
- Maksymalna moc prasy: 1 500
ton
- **Marka:** Aliko
- Długość: 4,0 m
- Maksymalna siła nacisku: 400
ton

Produkcja SSAB – Poznań [1]



SHOT BLASTING

- marka: Wheelabrator
- Grubość: 6-200 mm
- Max szerokość: 2.5m
- Max długość: 13 m
- Max masa: 10 ton
- Grubość 6-180 mm



DRILLING

- marka : PAX WR50/2000
- Wiertarka promieniowa
- Długość ramienia 2 000 mm
- Moc 4 kW
- Maks. wiercenie 50/M30



SLITTING

- marka : FIMI
- Grubość: 0,4-3 mm
- Szerokość: 20-1 530 mm
- Max waga cewki: 15 ton
- Średnica wewnętrzna: 508/610 mm
- Średnica zewnętrzna: < 1 700 mm
- Wytrzymałość na rozciąganie: <700 MPa

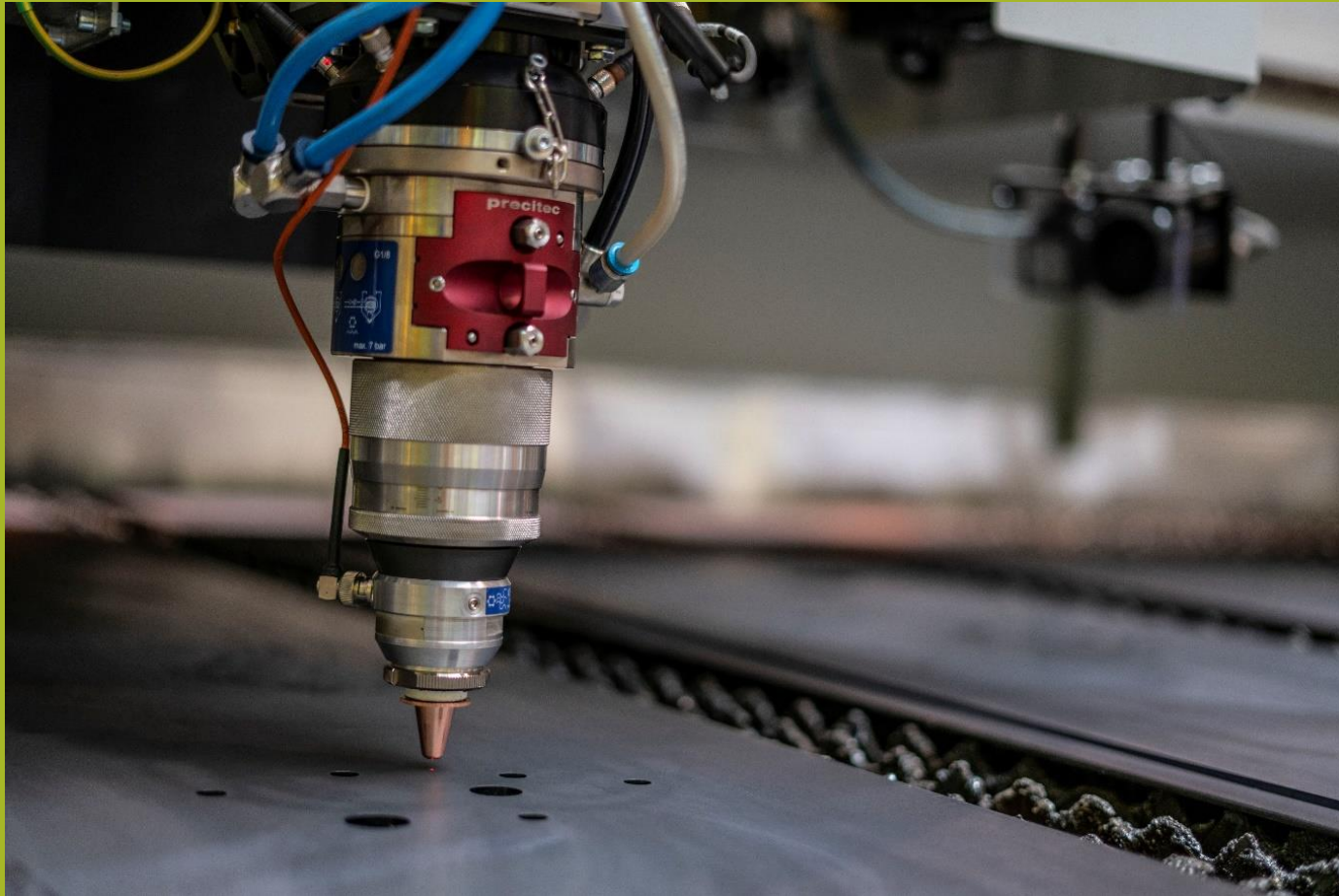


CUT TO LENGTH

- marka : FAGOR
- Grubość: 0,4 - 3 mm
- Max waga cewki: 30 ton
- Szerokość: 300-1 600 mm
- Długość: 300-6 000 mm
- Średnica wewnętrzna: 508/610 mm
- Średnica zewnętrzna: <1 700 mm
- Maks. masa wiązki: 3 000 kg
- Wytrzymałość na rozciąganie: <700 MPa

Zaawansowane stale o wysokiej wytrzymałości mogą być dostępne w postaci wyrobów walcowanych na gorąco, redukowanych na zimno, cynkowanych ogniowo i galwanizowane elektrolitycznie. Na przykład zaawansowana stal o wysokiej wytrzymałości jest wykorzystywana w:

- elementach bezpieczeństwa w samochodach,
- przyczepach,
- wywrotkach,
- elementach siedzeń,
- kontenerach,
- dźwigach,
- pociągach,
- inne zastosowania rur, jak np. meble, rowery i wózki dziecięce.



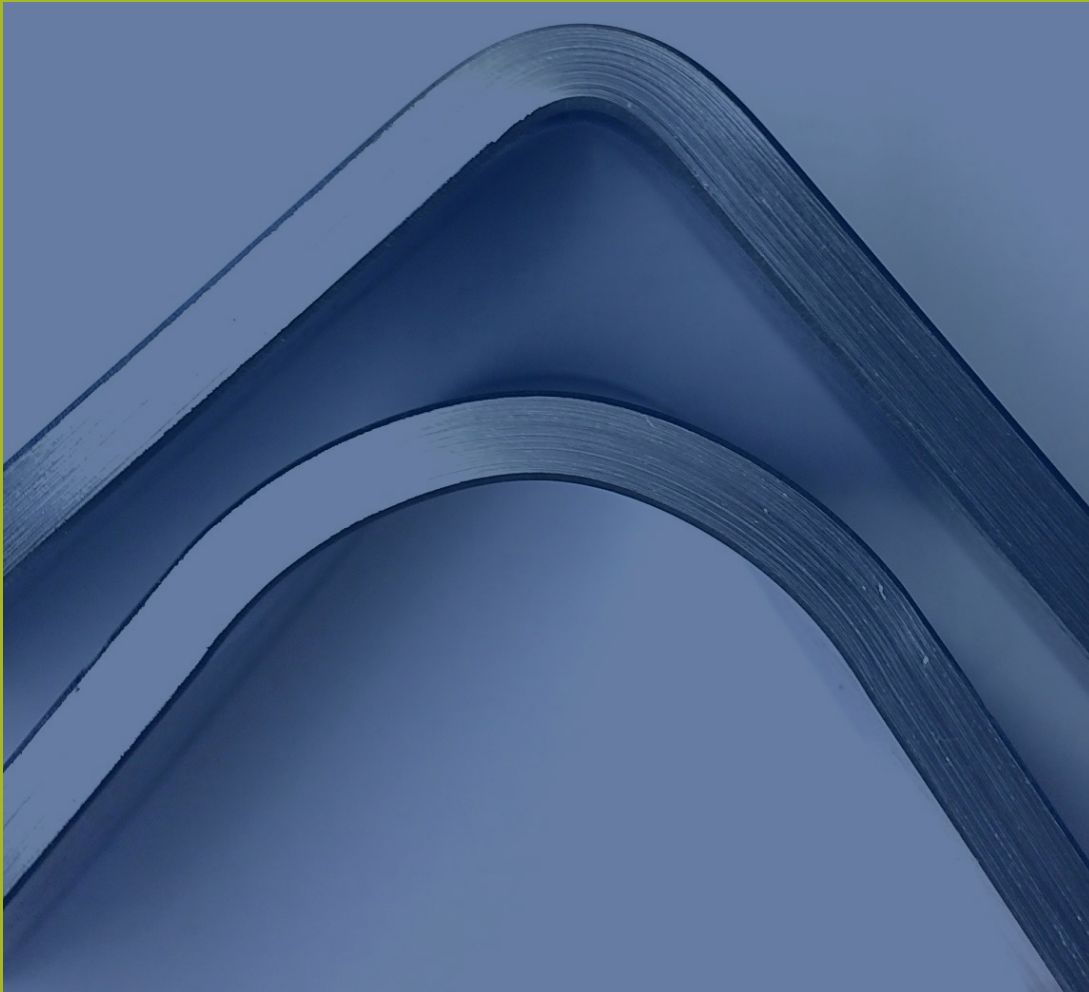
Highlights

- Silne źródło lasera o mocy 6kW
- Duży obszar roboczy 14 m x 4 m
- Szeroki zakres grubości 0,5 - 25 mm
- Laserowe fazowanie przy grubości < 15 mm
- Głowica obrotowa 3D bez ograniczeń ^[1]



Highlights

- Maksymalna siła nacisku 2 000 t
- Całkowita długość gięcia 12 200 mm
- FlexiCrown - pełna kontrola ugięcia
- Zmienna matryca dla krótkiego czasu ustawiania
- 6-osiova tylna płaszczyzna sterowana CNC
- Do 90% mniejsze zużycie energii dzięki Eco-Pump
- Rozwiązanie do gięcia z wąskim promieniem (opatentowane) [1]



- Przesunięcie granic możliwości zastosowania stali o wysokiej wytrzymałości
- Zmniejszenie promienia gięcia nawet o połowę w stosunku do dotychczasowych rozwiązań - bez ryzyka powstania płaskich łuków
- Promień porównywalny z formowaniem rolkowym
- Zwiększona podatność na gięcie i bardziej stabilny proces
- Ekonomiczna produkcja prototypów o skomplikowanych profilach
- Otwiera się na nowe zastosowania, w których wcześniej przeszkodą były ograniczenia przestrzeni płaskiej [1]

Bibliografia

1. Materiały informacyjne firmy SSAB Poland ,Tobias Svensson, Managing Director SSAB Poland
2. P. Bhat, Advances in high strength steels for automotive applications Shrikant; Automotive Product ApplicationsArcelorMittal Global R&D East Chicago, www.autosteel.org
3. *Ewa Kubińska-Jabcoń, Mariusz Niekurzak, Wykorzystanie nowoczesnych materiałów stosowanych w motoryzacji w celu poprawy jakości i bezpieczeństwa użytkowania pojazdów mechanicznych, **Autobusy 10–11, 2019***
4. Senkera J., *Współczesne stale karoseryjne dla przemysłu motoryzacyjnego i wytyczne technologiczne ich zgrzewania*, „Przegląd Spawalnictwa” 2009, nr 11.
5. Fajkiel A., Białobrzęski A., Dudek P., Reguła T., *Nowoczesne stopy oraz metody odlewania magnezu w zastosowaniach motoryzacyjnych*, „Przegląd Mechaniczny” 2009, nr 2.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ !!!

WYKORZYSTANIE ZAAWANSOWANYCH STALI W PRZEMYŚLE MOTORYZACYJNYM

POLITECHNIKA LUBELSKA
Katedra Zrównoważonego
Transportu i Źródeł Transportu
dr inż. Joanna Rymarz

Projekt „Politechnika Lubelska – Regionalna Inicjatywa Doskonałości”
– finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego



POLITECHNIKA
LUBELSKA



Ministerstwo
Edukacji i Nauki



POLITECHNIKA
LUBELSKA
WYDZIAŁ
MECHANICZNY