



Универзитет у Београду  
Машински факултет

Проф. др Саша Митић

# САВРЕМЕНИ МАТЕРИЈАЛИ



## Увод

- У аутомобилској индустрији користи се веома велики број различитих и врло разнородних материјала. Неки од најзаступљенијих су гвожђе, челик, алуминијум, бакар, стакло, пластика, гума, керамички материјали, итд.
- Ови материјали користе се за израду компоненти, и то од најситнијих и најмање битних, па све до каросерије возила, блока мотора и осталих компонената које су од великог значаја за безбедно и поуздано учешће возила у саобраћају.
- Карактеристике материјала који се користе у аутомобилској индустрији су значајно напредовале током времена, али су поред карактеристика у одређеној мери мењане и врсте материјала, а све у складу са развојем науке о материјалима и инжењерства материјала.

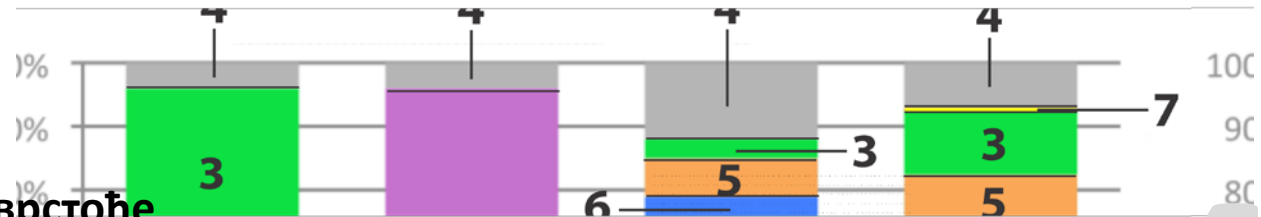
## Увод

- Први материјали који су се користили у аутомобилској индустрији били су дрво и различити метални материјали.
- Међутим, иако је крајем XIX и почетком XX века дрво као материјал било доминантно, због бољих механичких особина челици су врло брзо преовладали и готово у потпуности истиснули дрво, које се данас користи само као декоративни елемент у унутрашњој опремљености луксузнијих путничких возила.
- Већ тада ниво заступљености металних материјала на возилу прелазио је 90%. Нарочито је расла употреба челика, и то од почетне велике заступљености нискоугљеничних челика, дошло се до све значајније употребе побољшаних челика, тј. легираних челика који поседују значајно боља физичка, хемијска, механичка и технолошка својства.

## Удео материјала у укупној маси возила (период од 1906. до 2007. године)



- 1 – дрво
- 2 – ниско-угљенични челик
- 3 – алуминијум
- 4 – остали материјали
- 5 – полимер/композит
- 6 – челик високе/средње чврстоће
- 7 – магнезијум



- Како бисмо што боље објаснили значај употребе конвенционалних и савремених материјала у аутомобилској индустрији, неопходно је указати на основну класификацију материјала, као и објаснити основна својства материјала који се данас најчешће користе.

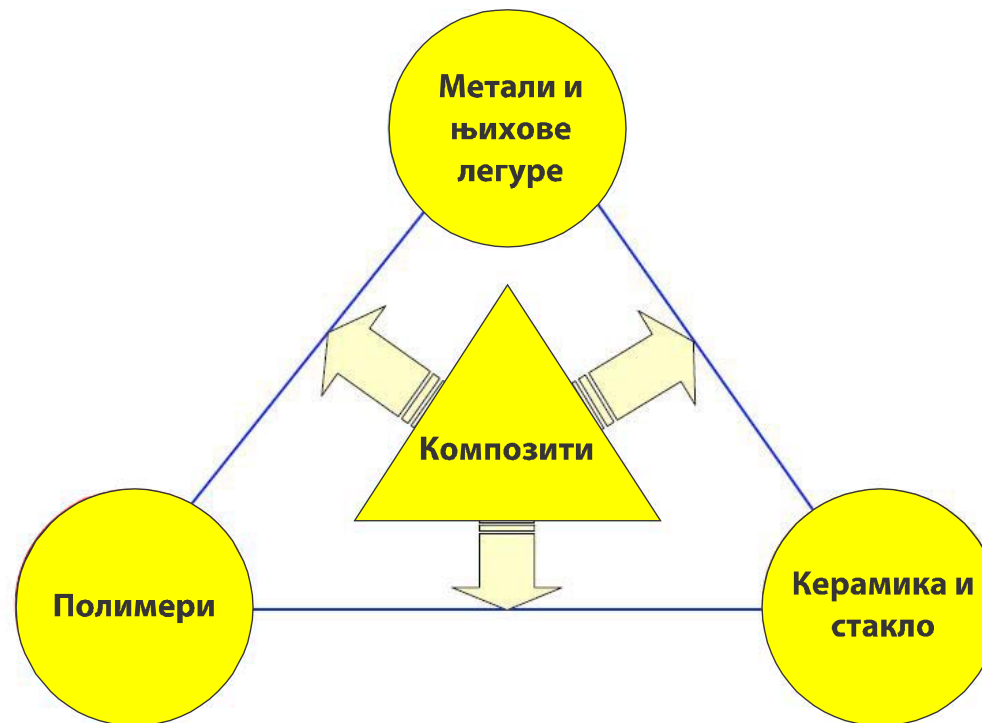
## Класификација материјала

- Данас је у науци о материјалима уобичајена подела на три основне групе материјала:
  - метали;
  - керамика;
  - полимери.
- Оваква подела је првенствено базирана на хемијском саставу и атомској структури материјала. Већина материјала сврстава се у једну од ових група.



## Класификација материјала

- Поред наведене три основне групе, постоје и такозвани композитни (хибридни) материјали, који представљају комбинацију два или више материјала из ове три основне класе.



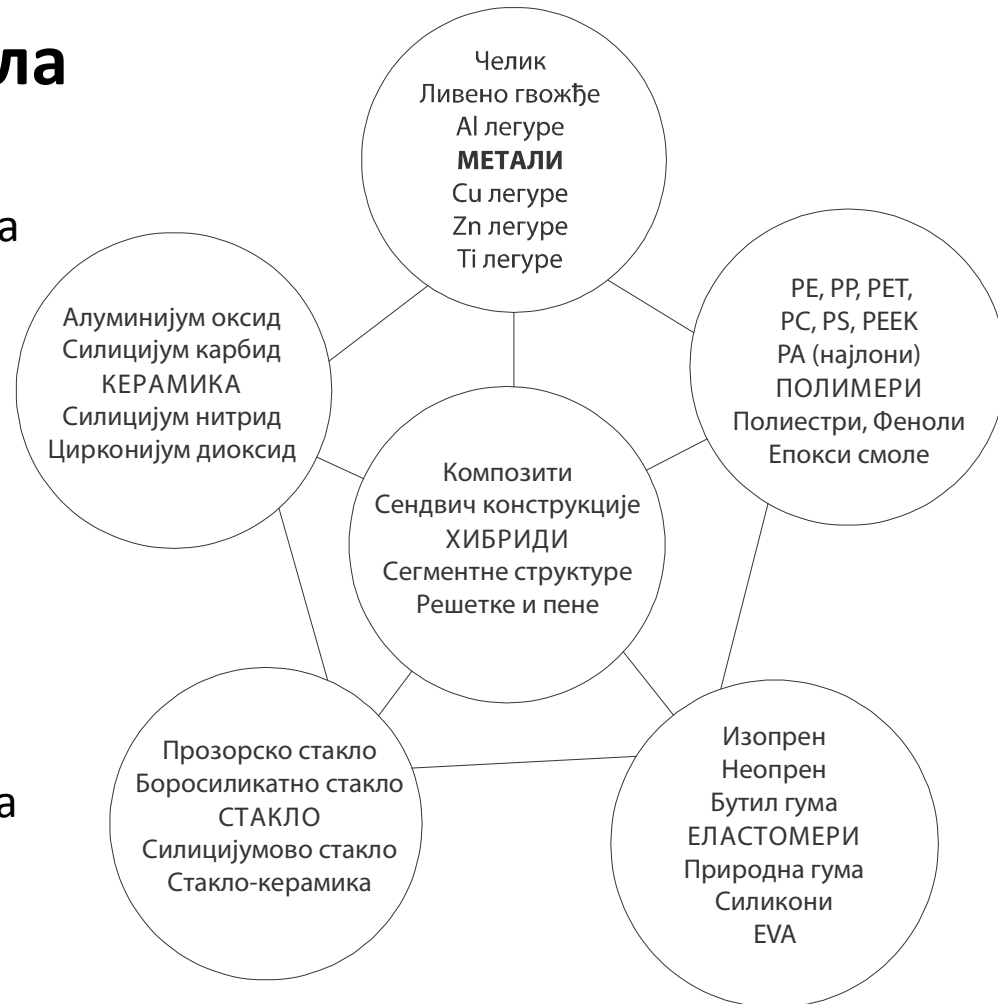
## Класификација материјала

Сем ове поделе присутна је и подела на шест група, а то су:

- метали;
- керамика;
- стакло;
- полимери;
- еластомери;
- хибриди.

Ова подела је настала тако што су из керамике издвојена стакла као посебна група и еластомери из полимера.

Представници појединих група материјала (метала, керамика, стакала, полимера и еластомера) се могу комбиновати на различите начине како би се добили хибриди (комполитни материјали).





## Класификација материјала

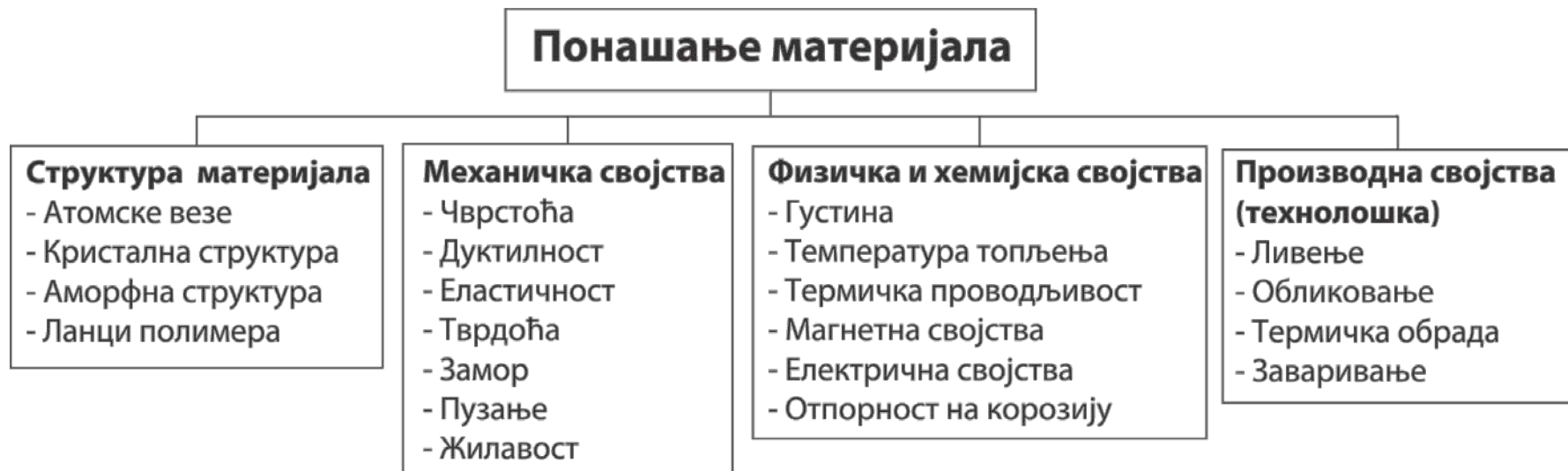
- Смисао класификације на групе (фамилије) заснован је на чињеници да припадници једне фамилије имају одређена заједничка својства: сличне особине, начине обраде, и често, врло сличне примене.



- Независно од ових подела на три односно шест основних група (фамилија) материјала, постоји још једна независна група материјала чија је примена интересантна у аутомобилској индустрији. Њу чине такозвани напредни материјали.
- Ова група материјала се примењује у високој технологији – производњи полупроводника, биоматеријала, паметних материјала и наноинжењерских материјала.

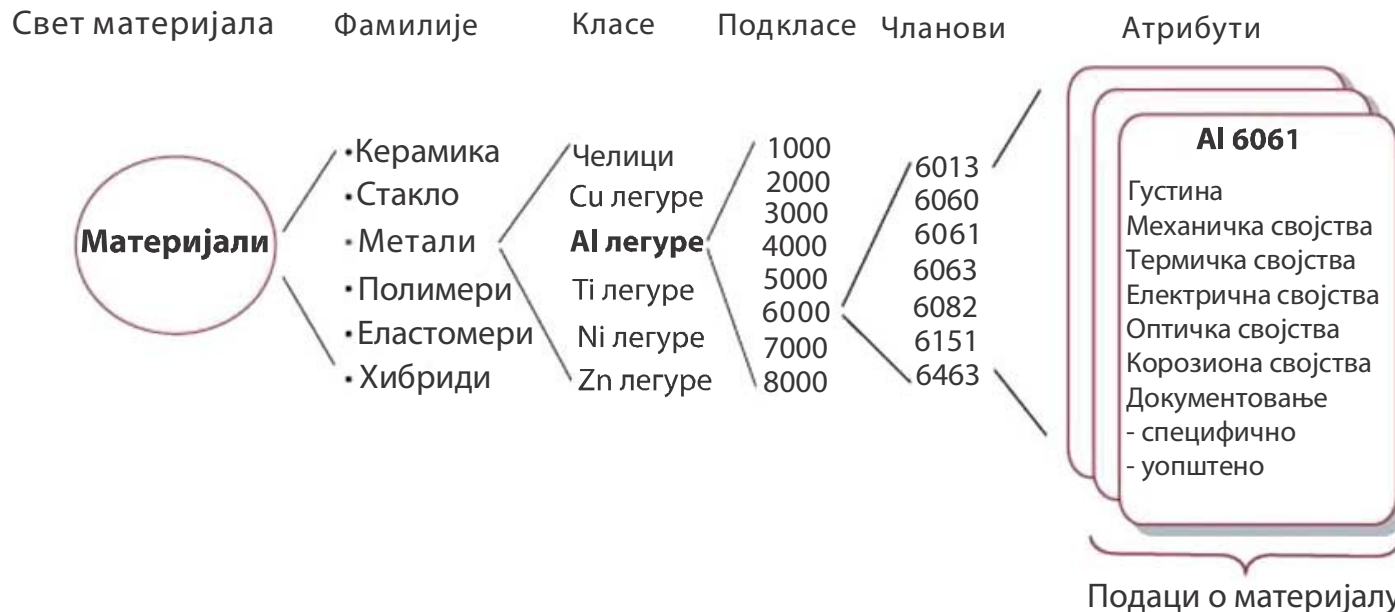
## Својства материјала

- Понашање материјала зависи од његове структуре, механичких, физичких и хемијских својстава, као и његових технолошких карактеристика.

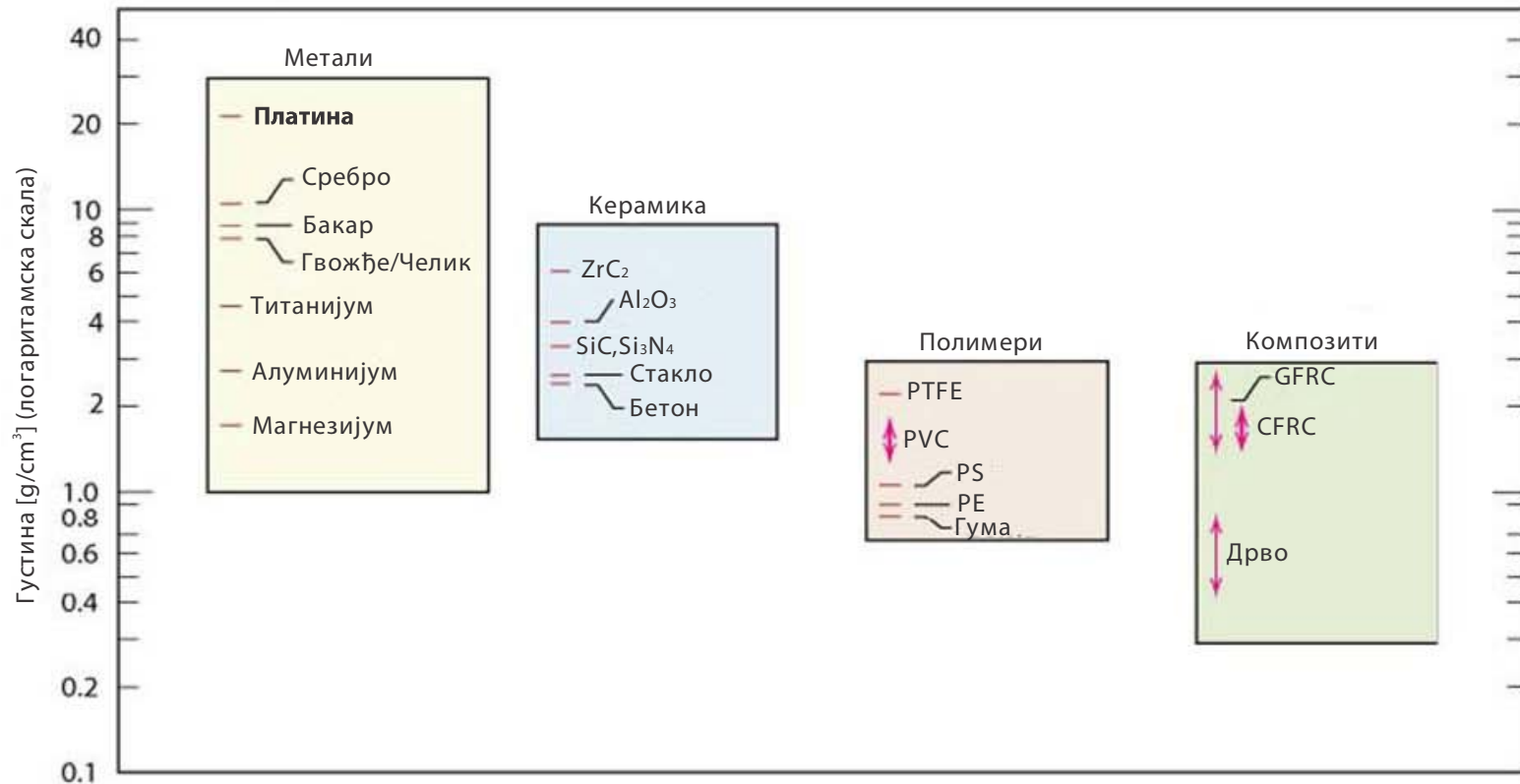


## Својства материјала

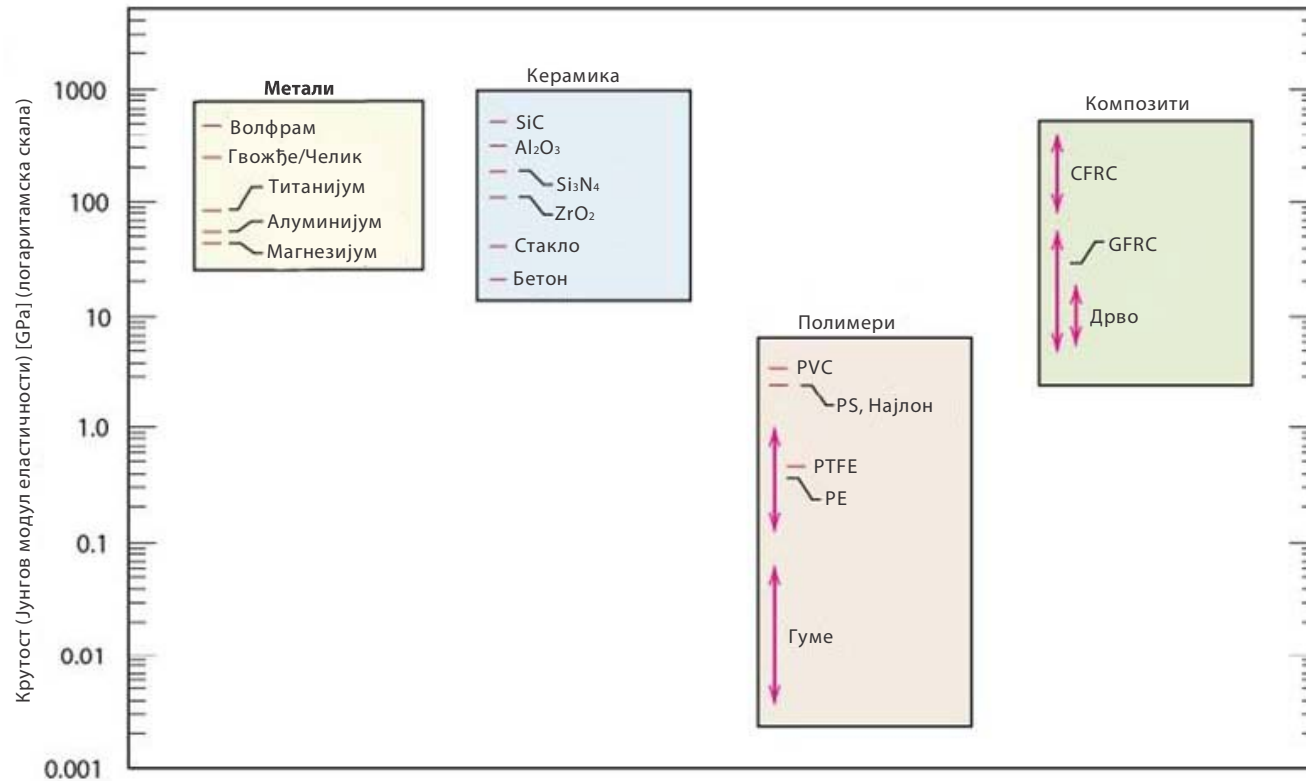
- Како би се лакше вршио избор материјала, неопходно је да се дефинисане групе (фамилије) материјала даље разврставају према одређеним карактеристикама.
- У том циљу је уведена тзв. **таксономија материјала**, која је, као и било који други вид организоване класификације и разврставања, од пресудног значаја за брз и адекватан увид у карактеристике материјала приликом њиховог избора.



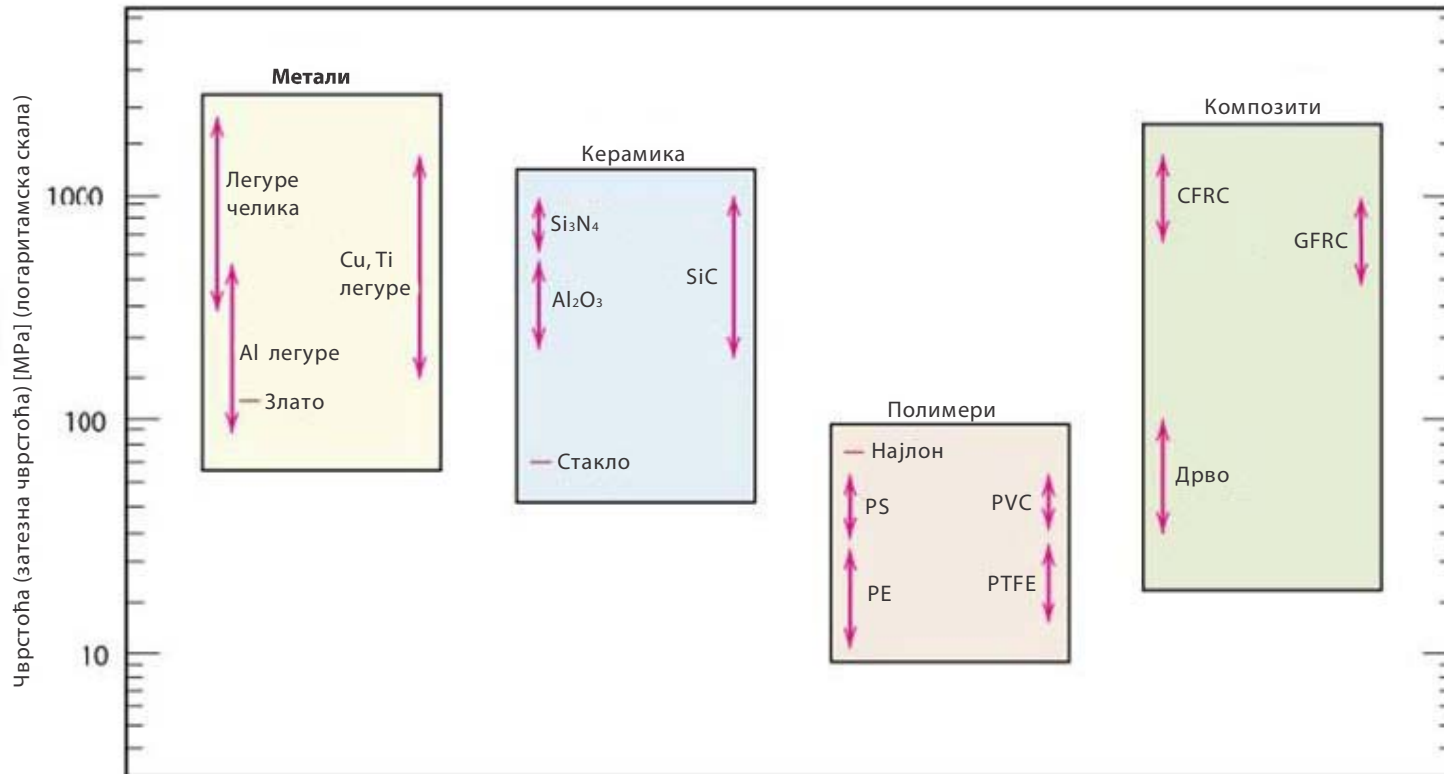
## Густина на собној температури



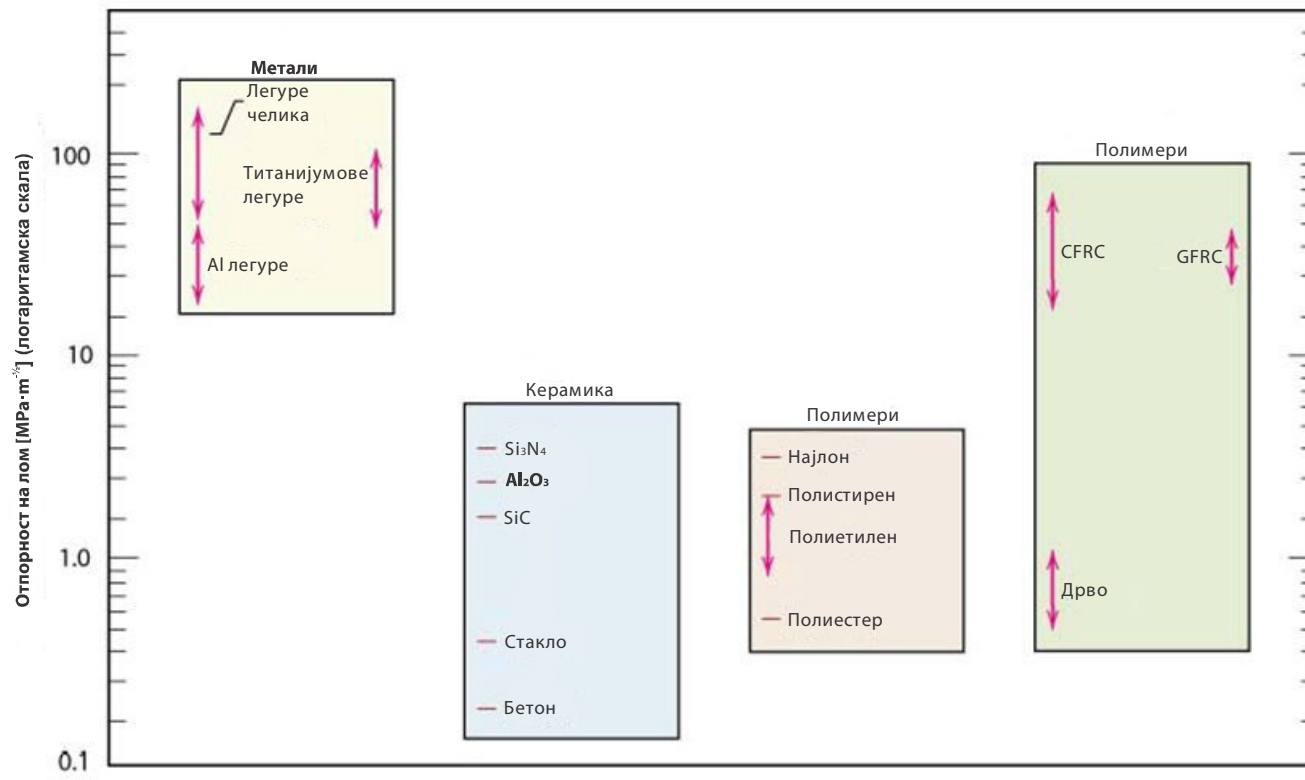
## Крутост (модул еластичности) на собној температури



## Затезна чврстоћа на собној температури

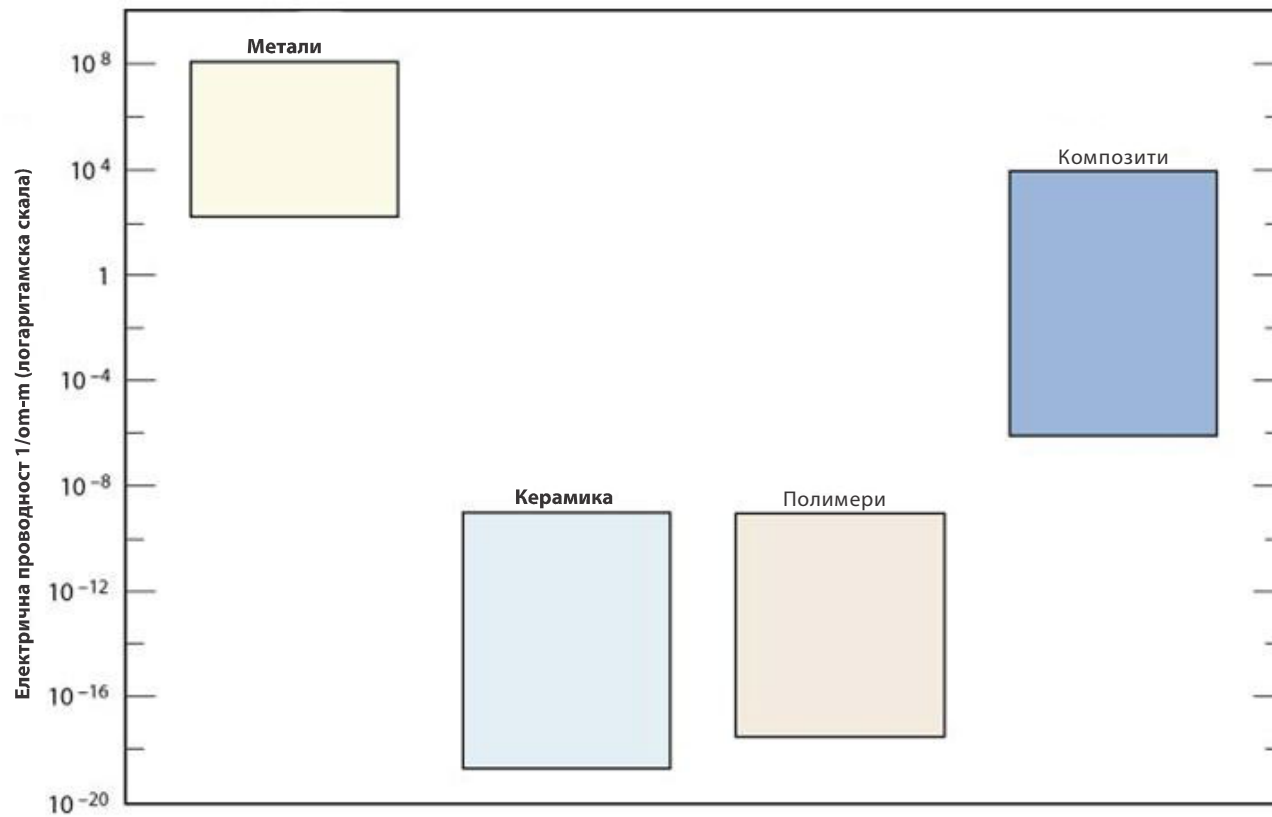


## Отпорност на лом на собној температури





## Електрична проводност на собној температури



## Метали

- Садрже један (гвожђе, алуминијум, бакар, титанијум, злато, никл) или више металних елемената (легури алуминијум-бакар, бакар-цинк, алуминијум-магнезијум, итд.).
- Често се као примесе могу појавити неметални елементи (нпр. угљеник, азот или кисеоник) у релативно малим количинама.
- Релативно велика густина;
- Релативно крути;
- Добра дуктилност, отпорност на лом и жилавост;
- Добри проводници електрицитета и топлоте;
- Не пропуштају светлост;
- Добра магнетна својства;
- Висока осетљивост на корозију и дејство хемијских средстава.

## Керамички материјали

- Неоргански чврсти материјали, састављени од металних и неметалних елемената.
- С обзиром на велики број могућих комбинација елемената, постоји веома велики број керамичких материјала који се користе у индустрији, а најчешћи су оксиди, нитриди и карбиди.
- С обзиром на велики број могућих комбинација елемената, постоји веома велики број керамичких материјала који се користе у индустрији, а најчешћи су оксиди, нитриди и карбиди.
- Велика притисна чврстоћа и крутост;
- Тврди, отпорни на хабање и корозију;
- Отпорни на високе температуре и неповољно окружење;
- Добри изолатори електрицитета и топлоте;
- Могу бити провидни, полупровидни и непровидни;
- Веома крти, мала дуктилност и подложни су лому.

## Полимери

- Укључују познате материјале попут пластичних и гумених материјала. Представљају органска једињења која су заснована на угљенику, водонику и другим неметалним елементима (попут кисеоника, азота и силицијума). Састављени су од великих молекуларних, најчешће ланчаних структура које у основи имају атоме угљеника.
- У почетку су се полимери производили од природних органских материјала биљног и животињског порекла. Неки од основних материјала који представљају тзв. природне полимере су дрво, кожа, гума, памук, вуна, целулоза, итд.
- Савремена наука омогућила је одређивање молекулских структура ове групе материјала, на основу чега су развијени тзв. синтетички (вештачки) полимери. Први синтетички полимер је био фенолформалдехид, познатији као бакелит. У другој половини XX века креће вртоглави развој синтетичких полимера. Разлог томе је ниска цена производње, а карактеристике теко добијених материјала биле су чак и боље од природних компоненти.

## Полимери

- Механичка својства уопштено су потпуно другачија од својстава метала и керамичких материјала – они нису крути ни јаки као што су то други типови материјала.
- Међутим, с обзиром на њихову малу густину, веома често је њихова мала крутост и чврстоћа, сведена на јединицу масе, упоредива са величинама код метала и керамичких материјала.
- Мала густина;
- Изузетно дуктилни и савитљиви (у великом броју);
- Хемијски релативно инертни и нереактивни у великом броју средина;
- Мала електрична проводљивост;
- Нису магнетични;
- Тенденција мекшања и разлагања на умереним температурама;
- Мала чврстоћа и крутост;
- Токсичност при горењу.

## Композити

- Представља фамилију техничких материјала добијених комбинацијом два или више материјала (из побројаних група: метала, керамичких материјала и полимера) са циљем да се искористе њихова најбоља својства тј. да композит садржи најбоље карактеристике компонената од којих су израђени.
- Постоји велики број различитих типова композита који представљају различите комбинације метала, керамичких материјала и полимера.
- Највећи број композита развијен је и производи се са циљем побољшања механичких својстава материјала, као што су крутост, чврстоћа, жилавост и температурне карактеристике, уз смањење густине (специфичне тежине).
- Компоненте производа израђених од композита су скупе и релативно их је тешко обликовати и спајати, тако да ће их пројектанти, без обзира на њихова атрактивна својства, користити само када перформансе добијеног производа у употреби оправдавају повећање цене које је неминовно при коришћењу композита.

## Напредни материјали

- Материјали који се користе у уређајима савремене, тзв. високе технологије (*high-tech*) понекад се називају **напредним материјалима**.
- Напредни материјали су представници типичних традиционалних материјала чија су својства унапређена или су из класе ново развијених материјала са високим перформансама. Они могу бити направљени од представника свих основних група материјала (метала, керамичких материјала и полимера) и најчешће су врло скупи.
- Полупроводници;
- Биоматеријали;
- Паметни материјали:
  - Легуре за памћење облика;
  - Пиезоелектрична керамика;
  - Магнетостриктивни материјали;
  - Електрореолошки и магнетореолошки флуиди;
- Наноинжењерски материјали;
- Металне пене.

## Потреба за напредним материјалима

- Смањење тежине транспортних возила (аутомобила, авиона, возова итд.) као и растуће температуре у моторима ће свакако захтевати повећану ефикасност искоришћења горива. За то је неопходно пројектовати нове материјале изузетно јаке структуре и мале густине који ће издржавати велике температуре и имати значајну примену у изради мотора са унутрашњим сагоревањем.
- Примена нових материјала условљена је:
  - откривање нових додатних резерви;
  - развојем нових материјала који имају својства која су упоредива са својствима материјала који се тренутно користе, а чија експлоатација није могућа и има велики утицај на окружење;
  - повећањем ефеката рециклирања и развоја нових технологија рециклирања.
- Као последицу потребе за материјалима, економских аспеката њихове производње и еколошких утицаја на животну средину, постало је посебно важно разматрати животни циклус материјала.



## Примена савремених материјала у ауто индустрији

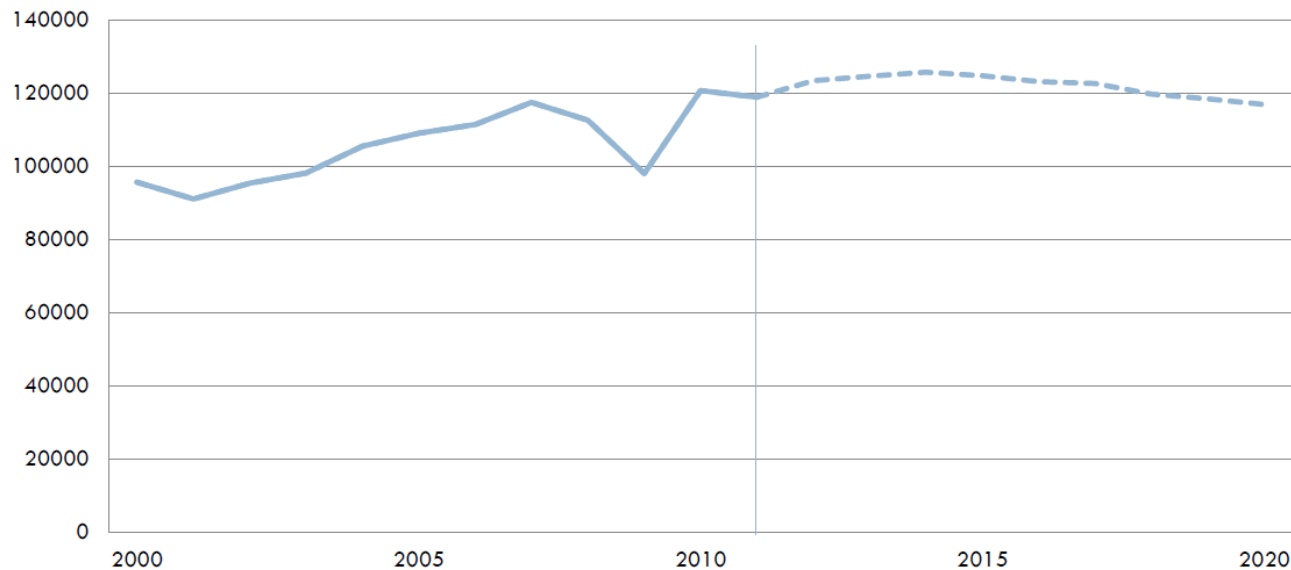


Параметри при избору материјала

- Произвођачи возила данас имају на располагању широку палету материјала, што с једне стране представља велику олакшицу, али с друге стране и отежава избор, тако да правилан избор материјала представља компромис између жељених перформанси, њихових механичких, физичких, хемијских и технолошких својстава, степена безбедности у употреби, трошкова

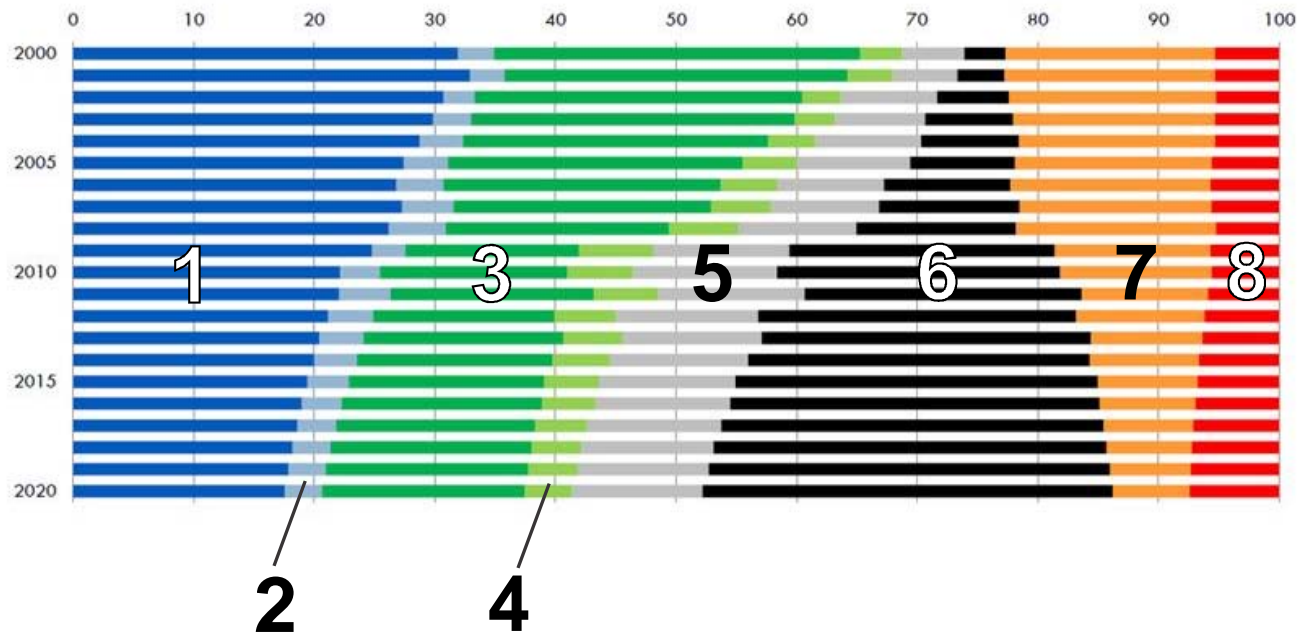
## Примена савремених материјала у ауто индустрији

- Развој материјала довео је до смањења удела челика у укупној маси возила. Где год постоји инжењерска и економска оправданост, челик се замењује алуминијумом, магнезијумом или разним композитним материјалима. Међутим, челик и даље заузима велики удео у укупној маси возила због развоја челика повишене чврстоће (*HSS*, *AHSS*) као и мање цене у односу на алуминијум, магнезијум и композитне материјале.



Светска потражња за челиком у XXI веку у хиљадама тона

## Примена савремених материјала у ауто индустрији

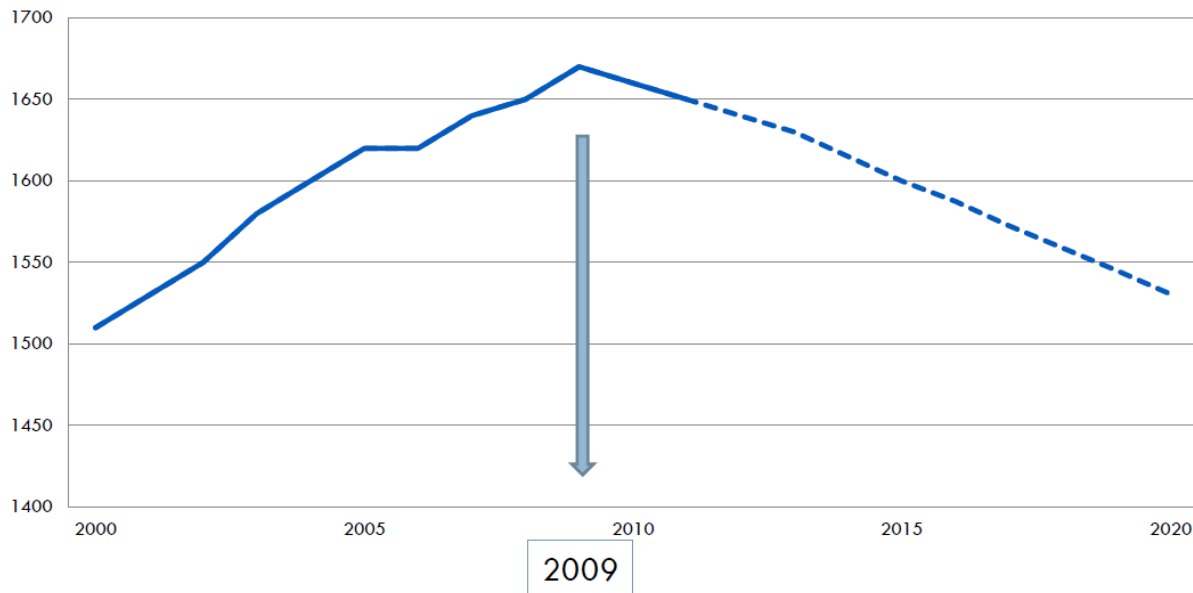


- 1 – ЕУ
- 2 – Европа (остатак)
- 3 – Северна Америка
- 4 – Јужна Америка
- 5 – Азија (без Кине, Јапана и Ј. Кореје)
- 6 – Кина
- 7 – Јапан
- 8 – Јужна Кореја

Потражња за челиком у свету

## Примена савремених материјала у ауто индустрији

- И поред дугогодишње употребе савремених материјала који веома утичу на смањење масе возила, тренд смањења до скоро није био присутан. То се објашњава неким савременим трендовима на возилима, а који се првенствено огледају у вишем нивоу опремљености возила, побољшању перформанси возила (агрегати веће снаге), широком спектру додатне опреме, као и бољом звучном изолацијом унутрашњости возила.



Просечна укупна маса возила - подаци и предвиђања

## Захтеви који се постављају пред материјале

- Дефинисано је неколико основних захтева о којима се мора водити рачуна приликом избора материјала, водећи при томе рачуна и о врсти, намени и начину експлоатације возила:
  - смањење укупне масе возила;
  - цена возила;
  - безбедност возила;
  - рециклабилност и обновљивост возила на крају животног века.

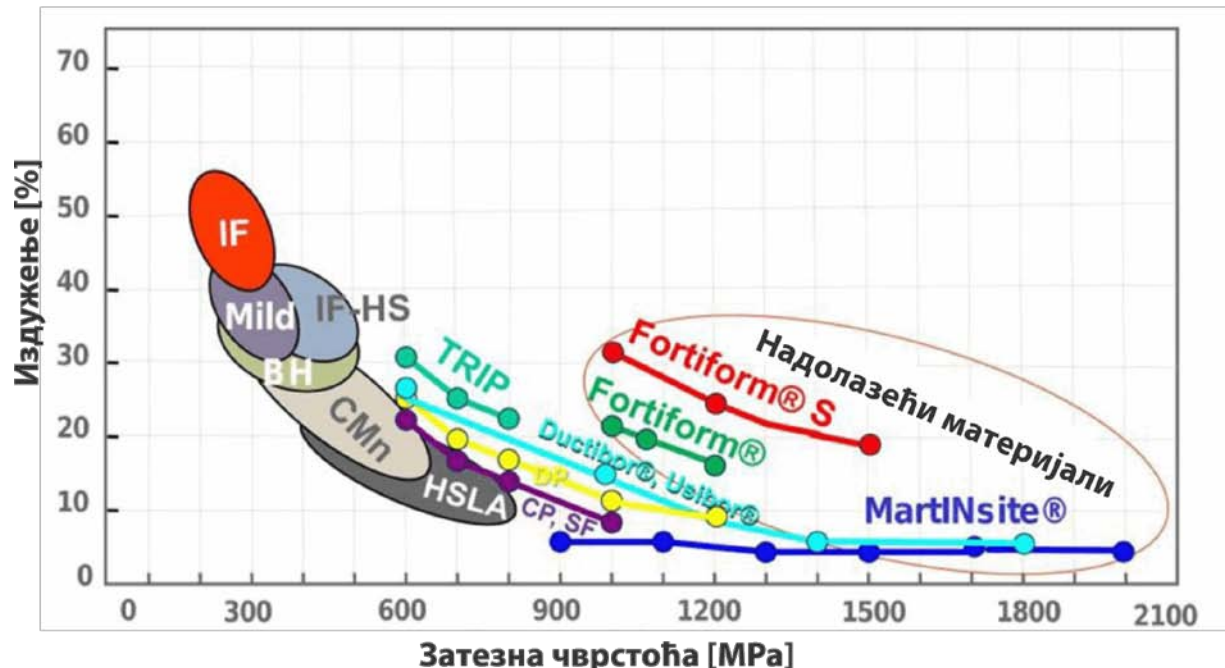
## Захтеви који се постављају пред материјале

- Смањење укупне масе возила

Основни модел <i>Toyota Venza</i> без погонске групе		Нови модели од лаких материјала			
Компонента	Маса (kg)	<i>Toyota Venza</i> 2017		<i>Toyota Venza</i> 2020	
		Смањење масе (%)	Цена у односу на основни модел (%)	Смањење масе (%)	Цена у односу на основни модел (%)
Каросерија	383	15%	98%	42%	135%
Врата, пок. мотора и пртљжника	143	25%	102%	41%	76%
Браници	18	11%	103%	11%	103%
Компоненте система за грејање	9,25	0%	100%	0%	100%
Електричне компоненте	23,6	29%	95%	36%	96%
Унутрашњост возила	252	27%	97%	39%	96%
Светлосни уређаји	9,9	0%	100%	0%	100%
Ослањање, елем. повезивања	379	26%	100%	43%	95%
Сигурносна стакла	43,7	0%	100%	0%	100%
Разно	30,1	24%	99%	24%	99%
Укупно	1291,55	21%	98%	38%	103%

## Челици повишене чврстоће

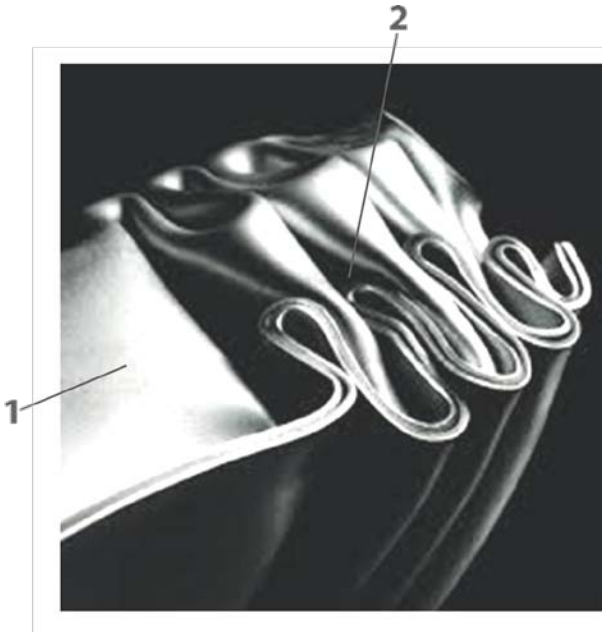
- Челици повишене чврстоће засновани су на легурама категорисаним по вредности затезне чврстоће (слика 9.17). Стандардни челици повишене чврстоће (HSS) имају вредност затезне чврстоће између 210 и 550 MPa, а челици ултра-високе чврстоће (UHSS) имају вредност затезне чврстоће преко 550 MPa.



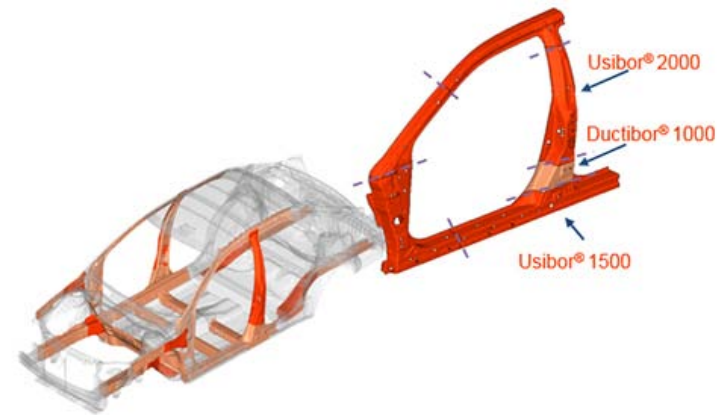
Карактеристике нових генерација челика повишене чврстоће

## Челици повишене чврстоће

- *Usibor* челик је посебно погодан за употребу код компонената структуре возила од којих се захтева отпорност на пробијање и лом током судара.
- Захваљујући својој изузетној дуктилности, *Ductibor* челици су изузетно ефикасни за компоненте од којих се захтева велика способност апсорпције енергије током судара.



Деформабилност Usibor-а (1) и Ductibor– а (2)  
при дејству оптерећења



Примена челика високе  
чврстоће на возилу



## Челици повишене чврстоће

- *Hardox* и *Domex* челици



## Алуминијум



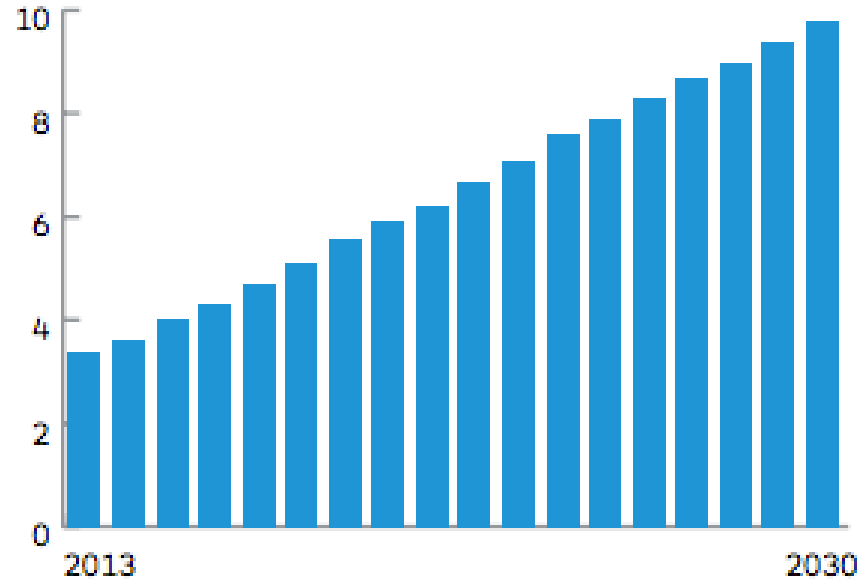
Алуминијумска каросерија модела Audi R8 Coupe

## Магнезијум

Својство	Магнезијум	Алуминијум	Гвожђе
Кристална структура	Хексагонална	Кубна површинска	Кубна централна
Густина при 20°C (g/cm <sup>3</sup> )	1,74	2,70	7,86
Коефицијент термичког ширења 20-100°C (*10 <sup>6</sup> /C)	25,2	23,6	11,7
Модул еластичности (*10 <sup>6</sup> МПа)	44,126	68,947	206,842
Затезна чврстоћа (МПа)	240	320	350
Тачка топљења (°C)	650	660	1536

Својства магнезијума, алуминијума и гвожђа

## Композитни материјали



Тренд пораста употребе композита са карбонским влакнима у аутомобилској индустрији, у хиљадама тона