

## **ЗА СТОМАНИТЕ И ТЯХНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ В АВТОМОБИЛОСТРОЕНЕТО**

**Даниел Делчев, Християн Райчев и Николай Тончев**

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“,  
София 1574, ул. Гео Милев 158,  
БЪЛГАРИЯ*

**Ключови думи:** високояки стомани, механични характеристики, автомобилостроене.

**Резюме:** В съобщението са определени характеристиките на стоманите с висока якост, намиращи приложение в автомобилната промишленост. Основната задача на изследването е обобщаване и сравняване на конкретни механични характеристики на съществуващите стомани, с възможност за предоставяне на алтернативи при проектирането с цел редуциране теглото на основни компоненти.

### **Въведение:**

Съвременните изисквания, които се основават на проектирането на превозните средства в момента в автомобилната индустрия, са свързани с насърчаване, разработване и използване на нови, съвременни материали, чиито свойства и поведение в реални експлоатационни условия не са напълно идентифицирани. Анализът на изискванията, предявявани към проектирането на превозното средство, показват, че съвременните автомобилите, освен основната си функция на транспортно средство, имат и многобройни и много други различни функции. От тази гледна точка те трябва да отговарят на много изисквания, които са твърде различни. Очакваните изисквания и критерии често имат сложна система от взаимодействия [1,2]. Възможностите на технологиите на асамблиране при използване методите на заваряване позволява висока степен на гъвкавост по време на процеса на проектиране. Високояките стомани, използвани в съвременното автомобилостроение, са материали, отговарящи на изискванията за намаляване на масата на автомобила. По този начин те дават възможност за подобряване на енергийната и екологична ефективност чрез намаляване на разхода на горивото при новосъздадените автомобили. При тяхното използване, не се налага да се прави компромис по отношение на безопасност /сигурност/ и достъпност на новопроектирания автомобил. Високояките материали са сравнително нови за автомобилни приложения и те продължават непрекъснато да се усъвършенстват и развиват. Представените в това съобщение резултати, анализират съвременните изисквания при проектирането на автомобила.

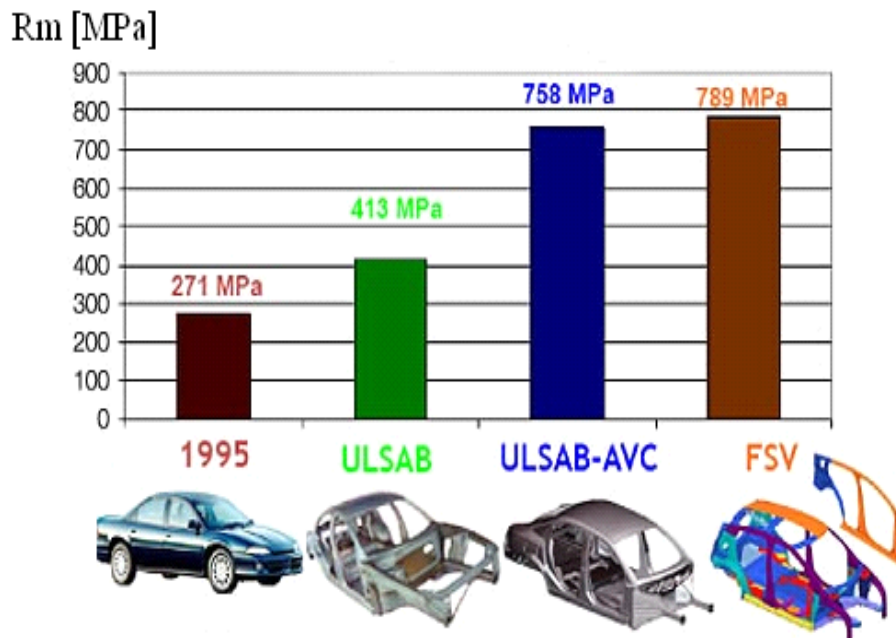
Високата якост на ниско легираните стомани се избира на базата на минималните паспортни изисквания от механичните свойства на стоманите. Според

Американският институт по черни метали и сплави, високояките ниско легирани стомани са класифицирани в шест различни класа, така както следва [3-5]:

- Стомани, устойчиви на атмосферна корозия. Този клас стомани освен традиционно използваните легиращи елементи има присъствие и малки количества на мед и фосфор за осигуряване на устойчивостта към корозия.
- Нисколегирани феритно-перлитни стомани, легирани с малки количества ниобий, ванадий и титан.
- Валцувани легирани стомани с перлитна структура, характеризиращи се с висока якост, обработваемост и подобрена заваряемост.
- Стомани от феритен клас (структура нисковъглероден бейнит), с по-малко от 0,05% въглерод, характеризираща се с висока граница на провлачване и обработваемост.
- Стомани с микроструктура, състояща се от две фази /мартензит разпръснат в феритна матрица/. Тази микроструктура осигурява добра комбинация от пластичност и висока якост на опън.
- Стомани, съдържащи малки количества на калций, цирконий, титан или лантаниди. Тези стомани са с висока якост и подобрена пластичност.

Направената в [3] класификация не е изчерпателна. Тя потвърждава твърдението, че ефекта на легиращи елементи, във високояките стомани, е твърде сложен и техните механични характеристики са резултат от много фактори на влияние.

Бързото усъвършенстване на стоманите с приложение в автомобилостроенето води до определяне на класове стомани, означавани с AHSS (Advanced High Strength Steels). През 2002 г стартира проект ULSAB – AVS (Ultra – Light Steel Autobody), където средните стойности на якостта на опън при разработваните стомани от 413 MPa нараства до 758 MPa (фиг. 1.).

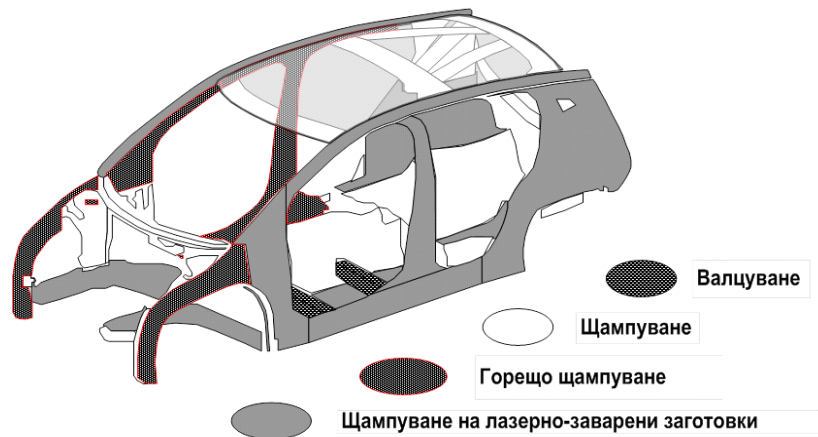


**Фиг. 1. Изменение на средната стойност на якостта на опън на материалите при различни проекти от автомобилостроенето**

Наред с нарастващите стойности на якостта съществува стремеж и за подобрена възможност към деформиране. Изобразените на фиг.2. технологии показват, че при

изработването на каросерията е основен делът на технологиите за обработване чрез пластична деформация. По тази причина е необходимо чрез състава на стоманата да се търси компромис между якост и пластичност.

Мащабността на проекта ULSAB – AVS се състои в прилагането на високояките стомани в рамките на целия автомобил. В проучване за модела Audi A1 е посочено, че делът на високояките стомани е близо двойно по-голям от обикновените /конвенционални/ нисковъглеродни стомани.



**Фиг. 2. Методи на обработване на различни компоненти от тялото на автомобила**

Основните различия между конвенционалните HSS (High Strength Steels) и AHSS (Advanced High Strength Steels) се състои в тяхната структура, която определя и съответните свойства. Конвенционалните HSS стомани са монофазни (предимно феритни стомани), а AHSS стомани освен ферит, могат да съдържат бейнит, мартензит и остатъчен аустенит. В групата на AHSS стоманите спадат стоманите с двойни, комплексни фази, TRIP и мартензитните стомани. Анализи показват, че получаването на стомани, гарантиращи висока якост неизбежно води до понижаване на пластичните характеристики.

Целта на това съобщение е да определят основните характеристики на стоманите с висока якост, намиращи приложение в автомобилната промишленост. Основната задача на изследването е обобщаване и сравняване на конкретни механични характеристики на съществуващите стомани, с възможност за предоставяне на алтернативи, използвани при проектирането.

### **Характеристики на материалите, използвани в автомобилостроенето**

Материалите, прилагани в автомобилостроенето показват значителна възможност за поглъщане на по-големи количества енергия по време на катастрофи, отколкото конвенционални нисковъглеродни стомани.

Основните характеристики на различни материали са посочени в таб.1. Те са  $R_{eL}$  - граница провлачване - [MPa],  $R_m$  - якост на опън - [MPa],  $A$  - относителното удължение - [%],  $n$  - показател на уякчаване [1]. От табл.1. и фиг.3. се вижда, че с увеличаването на якостта при различните видове стомани от една страна е свързано с намаляване на удължението от друга. Това неблагоприятно обстоятелство на високояките стомани води до влошаване на деформируемостта на листовия и профилния материал. Изключение от това правило правят само TRIP стоманите.

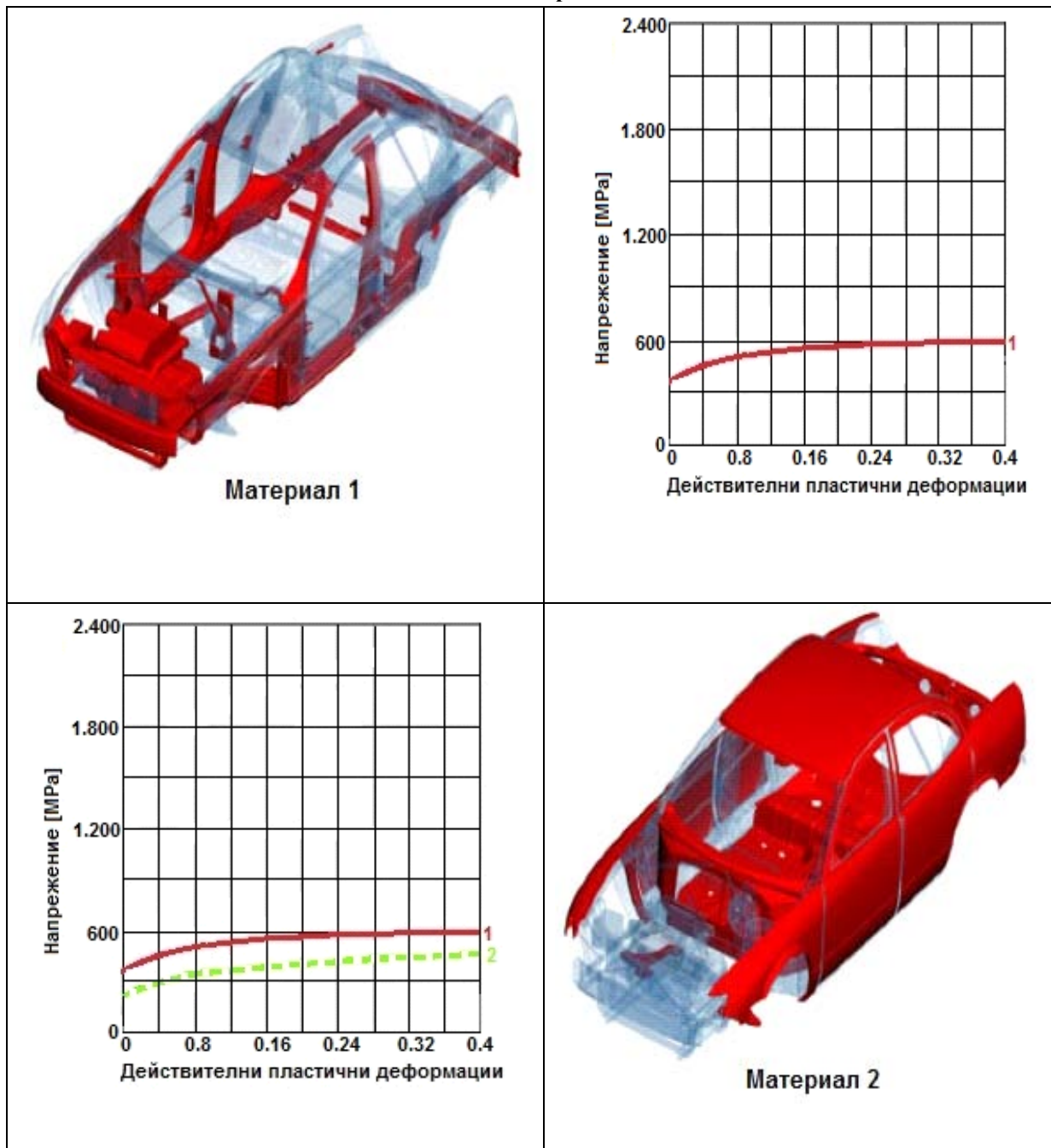
**Таблица.1. Данни за механичните и пластични показатели на стоманите с приложение в автомобилостроенето**

№	Означение на Стоманата	Re [Мра ]	Rm [Мра]	A [%]	n
1	Mild 140/270	140	270	38 – 44	0.05-0.15
2	BH 210/340	210	340	34 – 39	0.23
3	IF 260/410	260	410	34 – 38	0.13
4	DP280/600	280	600	30 – 34	0.2
5	IF300/420	300	420	29 – 36	0.21
6	DP 300/500	300	500	30 – 34	0.2
7	HSLA 350/450	350	450	23 – 27	0.16
8	DP 400/700	400	700	19 – 25	0.14
9	TRIP 450/800	450	800	26 – 32	0.14
10	HSLA 490/600	490	600	21 – 26	0.24
11	DP500/800	500	800	14 – 20	0.13
12	CP 700/800	700	800	10 – 15	0.08
13	DP 700/1000	700	1000	12 – 17	0.13
14	Mart950/1200	950	1200	5 – 7	0.09
15	MnB	1200	1600	1 – 5	-
16	Mart1250/1520	1250	1520	1 – 6	0.07

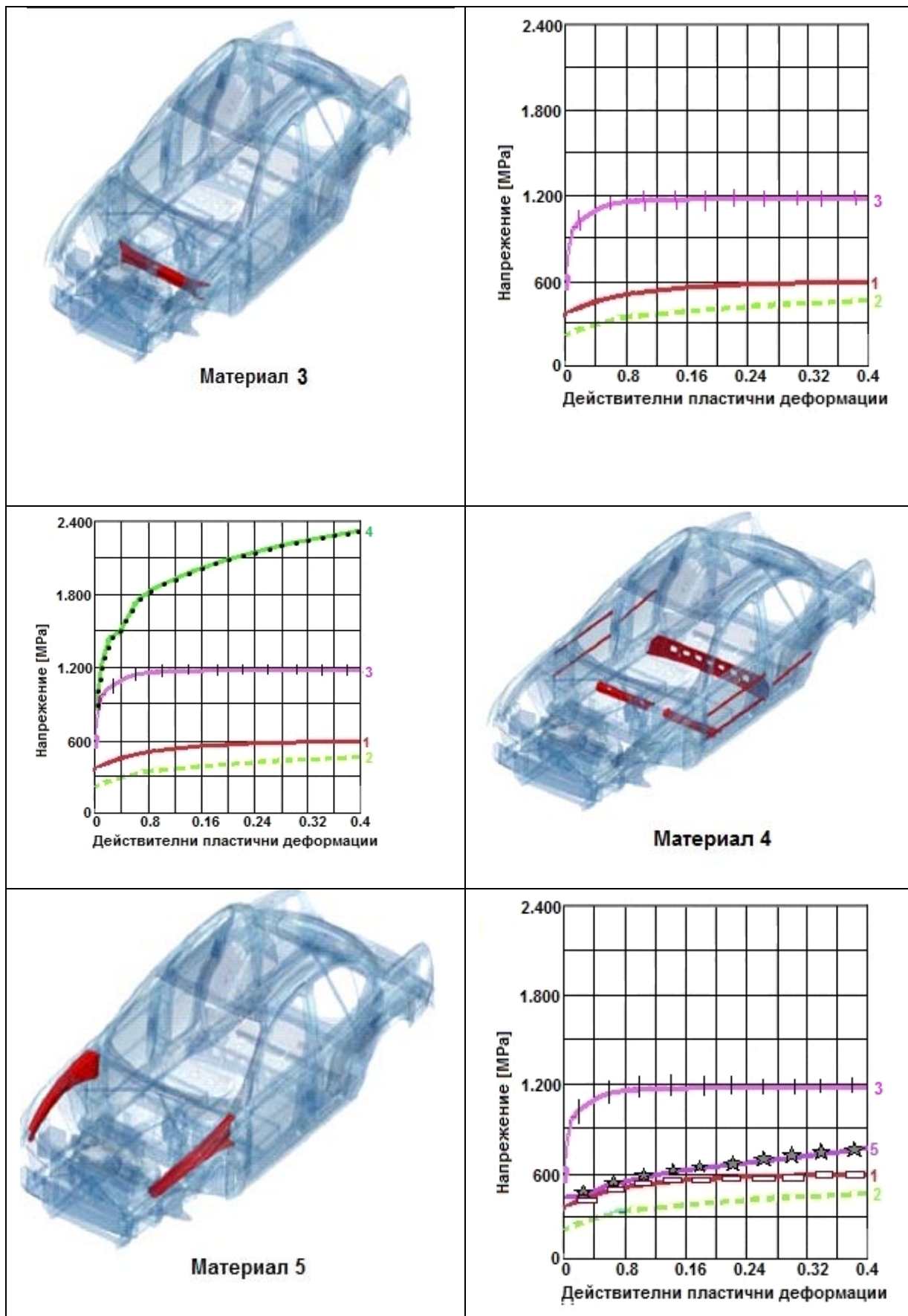
**Фиг. 3. Сравнение на границата на провлачване и относителното удължение за основни автомобилни материали в относителни единици.**

За да се намали тегло на стоманени превозни средства, използват по-малко и по-тънки части, поставени на критични позиции в автомобила. Връзките между тези части също са оптимизирана по отношението на теглото и често включват нови подходи за свързване. Задълбочена дискусия върху проектирането на автомобилната удароустойчивост и подходите за моделиране може да се намери в прегледа на състоянието на обектната удароустойчивост на съвременните коли [6,7]. В табл. 2. са представени действителните напрежения и деформации на отделни материали от автомобилните компоненти.

Таблица.2. Действителни напрежения и деформации при изпитването на материали от автомобилостроенето

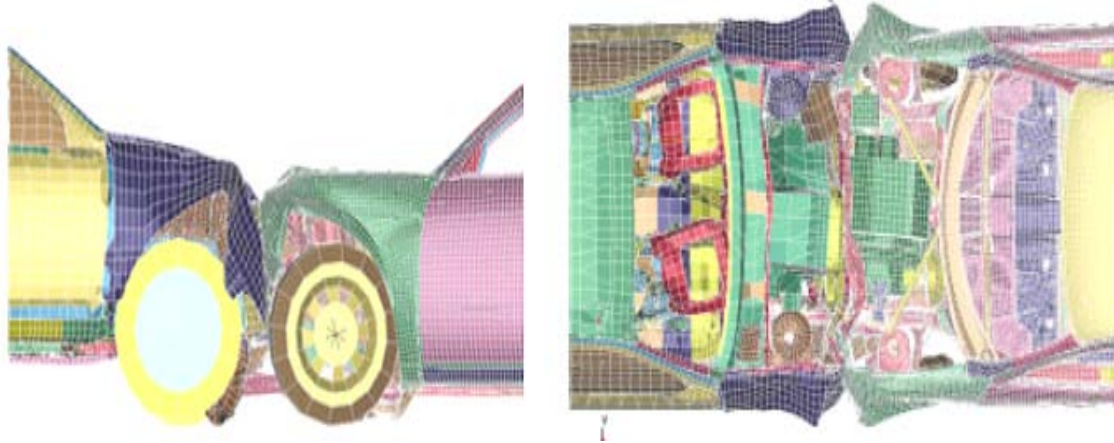


Има значителна липса на надеждни данни за деформация на цинираните тук стомани по отношение на едноосен динамичен товар. Състоянието на сблъсък се характеризира със сложни условия на натоварване на съставни части, за които най-често няма установени данни при динамично натоварване. Основни разновидности на автомобилни катастрофи /фиг. 4/ са били разработени за конвенционалните леки стоманени конструкции. В тях са включени различни динамични параметри и характеристики, необходими за моделирането [7].



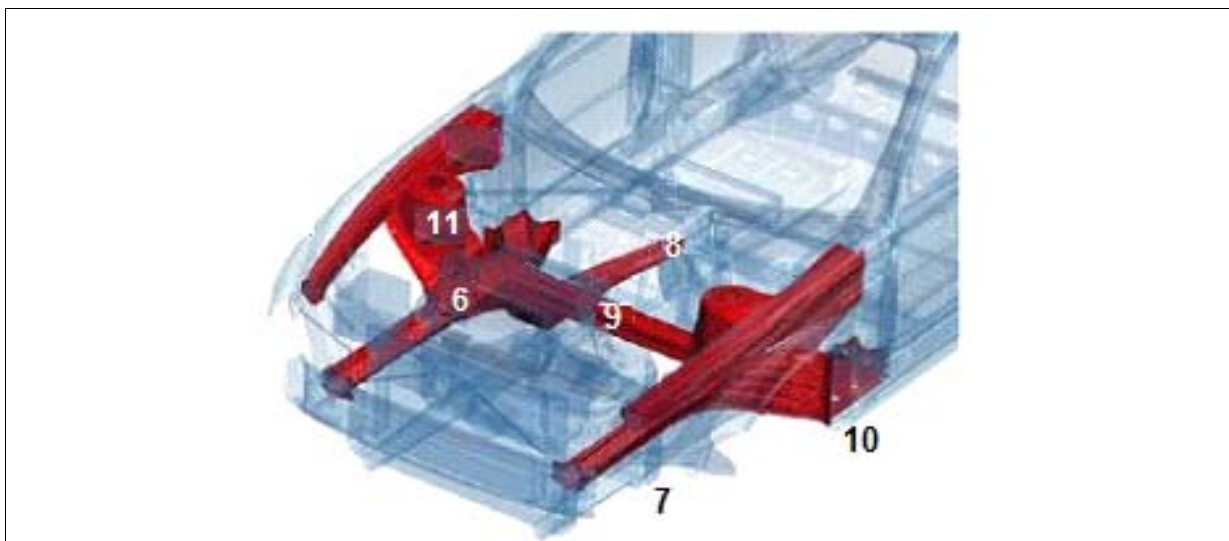
Трябва да се отбележи, че въпреки значителните постижения на изчислителната техника и възможностите на моделирането с крайни елементи, всеки модел на

симулация на катастрофа изисква експериментална проверка за точна настройка на изпълнение. Определените в това съобщение материали дават възможност за проучване на замяната на един материал с друг, с цел осигуряване на данни за симулацията при краш инциденти. Самата замяна е продиктувана от редуциране на теглото на елемента чрез неговата дебелина при използването на материали с по-висока якост.



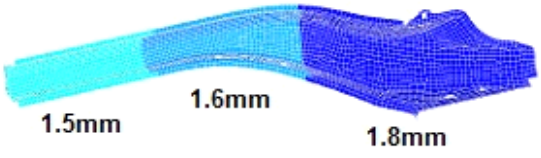

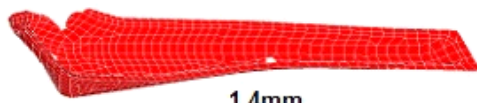
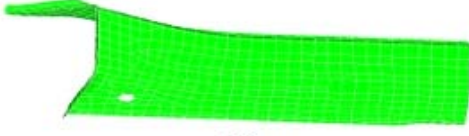

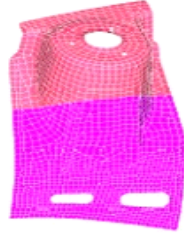
Фиг. 4. Крайно елементен модел на инцидент при сблъсък [7] .

Всяко намаляване на излишъка в енергийното абсорбиране на структурата на сплавите изисква по-добър контрол в процеса на сблъсък с останалите компоненти. По-специално, стоманите от вида на DP и TRIP сплавите проявяват много устойчиви темпове на уякчаването в момента на сблъсък.



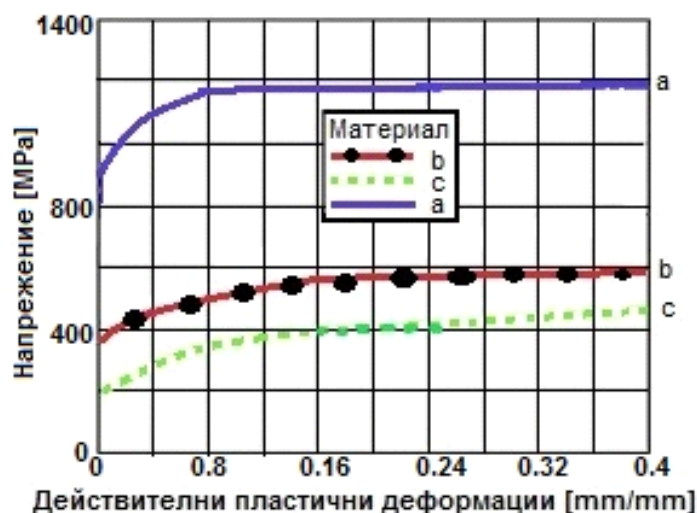
Фиг. 5. Основни елементи от автомобила, поемащи енергията на удара при сблъсък

**Таблица.3. Форма, дебелина и материал на сновни елементи от автомобила, поемащи енергията на удара при сблъсък**

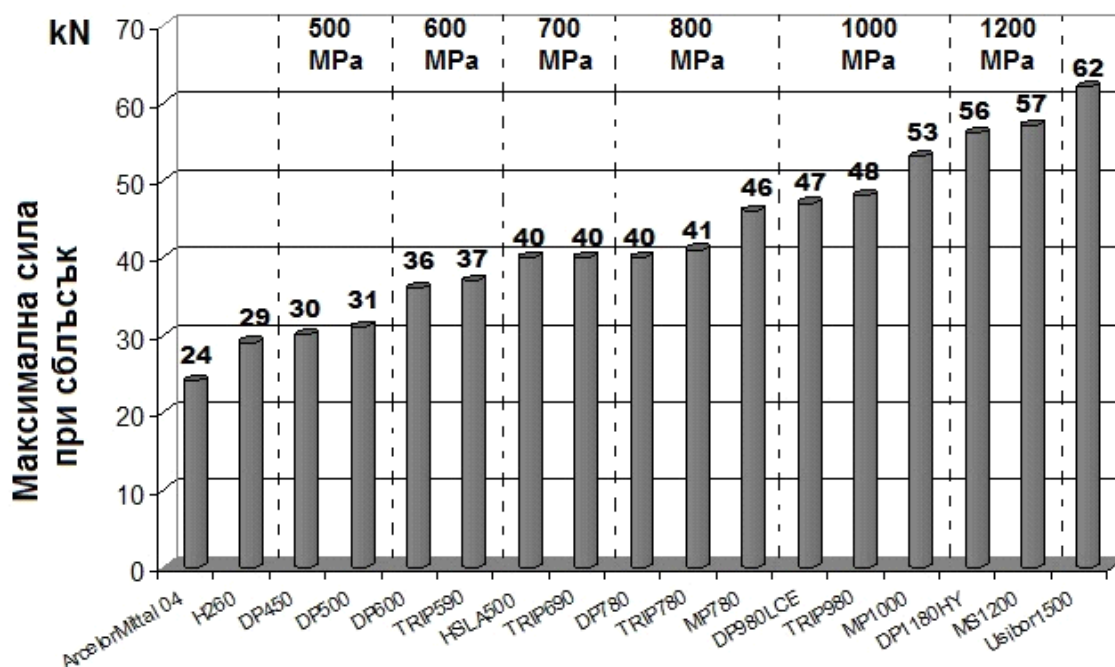
 <p>1.5mm      1.6mm      1.8mm</p> <p><b>Елемент 6 - Материал (b)</b></p>	 <p>1.5mm      1.6mm      2mm</p> <p><b>Елемент 7 - Материал (b)</b></p>
 <p>1.4mm</p> <p><b>Елемент 8 - Материал (b)</b></p>	 <p>1.2mm</p> <p><b>Елемент 9 - Материал (a)</b></p>
 <p>1mm</p> <p><b>Елемент 10 - Материал (b)</b></p>	 <p>2mm</p> <p>1.6mm</p> <p><b>Елемент 11 - Материал (c)</b></p>

На фиг. 6 са представени действителни напрежения и деформации при изпитването на материалите на основни елементи, поемащи енергията на удара при сблъсък от табл.3. и фиг. 5. Посочените в тази таблица дебелини могат да бъдат променени с използването на по-яки алтернативни материали. На фиг.7. за основни материали от автомобилостроенето са представени максималната сила на поглъщане при сблъсък за дебелини на листовия материал - 1.5 mm.





Фиг. 6. Действителни напрежения и деформации при изпитването на материалте на основни елементи, поемащи енергията на удара при сблъсък от табл.3.



Фиг. 7 . Максималната сила на поглъщане при сблъсък за основни материали от автомобилостроенето с дебелина на листовия материал 1.5 mm.

### Заклучение:

Изследването определя характеристиките на стоманите с висока якост от автомобилната промишленост. Обобщени и сравнени са конкретни механични характеристики на съществуващите стомани. Това дава възможност за предоставяне на алтернативи при проектирането с цел редуциране теглото на основни компоненти. Представени са действителните напрежения и деформации при изпитването на материалте на основни елементи, поемащи енергията на удара при сблъсък. Независимо от значителните постижения на изчислителната техника и възможностите на моделирането с крайни елементи, всеки модел на симулация на катастрофа изисква експериментална проверка за точна настройка на изпълнение. Настоящото проучване

дава възможност и информация при замяната на един листов материал с друг, с цел осигуряване на данни за симулацията при краш инциденти.

Благодарност: Това съобщение допълва комплекта от учебни материали по проект ДДВУ 02/11 и авторите изказват благодарност за финансовата подкрепа, осъществена от фонд “Научни изследвания”.

#### ЛИТЕРАТУРА:

- [1.] EDAG AG: FutureSteelVehicle Phase 1 Engineering Report, 2009, Available from: [www.worldautosteel.org/Projects/Future-Steel-Vehicle/Phase-1-Results-Phase-2-Launch.aspx](http://www.worldautosteel.org/Projects/Future-Steel-Vehicle/Phase-1-Results-Phase-2-Launch.aspx)
- [2.] EDAG AG: Phase 2 FutureSteelVehicle Steel Technology Assessment and Design Optimization Engineering Report, 2010, Available from: [www.worldautosteel.org/Projects/Future-Steel-Vehicle/FSVInterimReport.aspx](http://www.worldautosteel.org/Projects/Future-Steel-Vehicle/FSVInterimReport.aspx)
- [3.] M. Meyers, K. Chawla: Mechanical Behavior of Materials, Cambridge University Press, England, 2009, ISBN-13: 9780511455575
- [4.] T. Kobayashi: Strength and Toughness of Materials, Springer Verlag, USA, 2004, ISBN-13:9784431200383
- [5.] MatWeb; Online materials information resource. <http://www.matweb.com/>
- [6.] Simunovic S., J. Gustavo, A. Shaw, Material Modeling Effects on Impact Deformation of Ultralight Steel Auto Body, 2000 , Society of Automotive Engineers, Inc.
- [7.] Simunovic S., J. Gustavo, A. Shaw, Steel Processing Effects on Impact Deformation of UltraLight Auto Body, 2001 , Society of Automotive Engineers, Inc.

## FOR STEEL AND THEIR APPLICATION IN CAR

**Daniel Delchev Christian Raitchev Nikolay Tontchev**

*Todor Kableshkov University of Transport,  
158 Geo Milev Stret, Sofia1574,  
BULGARIA*

**Key words:** *ferritic steels, mechanical properties, automotive.*

**Abstract:** *This Communication sets out the characteristics of high strength steel, which find application in the automotive industry. The main objective of the study was Summarizing and comparing the specific mechanical properties of existing steel, capable to provide design alternatives in order to reduce the weight of the main components.*