



---

## ОТНОСНО ФОРМАЛИЗИРАНЕТО И ТЕНДЕНЦИИТЕ ЗА РАЗВИТИЕ НА МАТЕРИАЛИ СЪС СПЕЦИАЛИЗИРАНО ПРИЛОЖЕНИЕ

**Николай Тончев**

[tontchev@vtu.bg](mailto:tontchev@vtu.bg)

*доцент доктор инж., Висше транспортно училище «Тодор Каблешков», Гео Милев 158,  
БЪЛГАРИЯ*

**Резюме:** Съобщението има за цел да разгледа проблема за избор на технологично решение при вариантен синтез и оценка на поведението на клас стомани с приложение в автомобилостроенето. На основата на предложена концепция за избор на материал и подходящ технологичен режим на обработване се предлага теоретичен подход, свързан с икономията на енергия и материали. Формализирани са основните принципи на вариантни избор на технологично решение, даващи възможност за по-ефективно производство.

**Ключови думи:** избор на материал, технологични решения, вариантен синтез.

### 1. ТЕНДЕНЦИИ В ИЗПОЛЗВАНЕТО НА СТОМАНИТЕ В АВТОМОБИЛОСТРОЕНЕТО

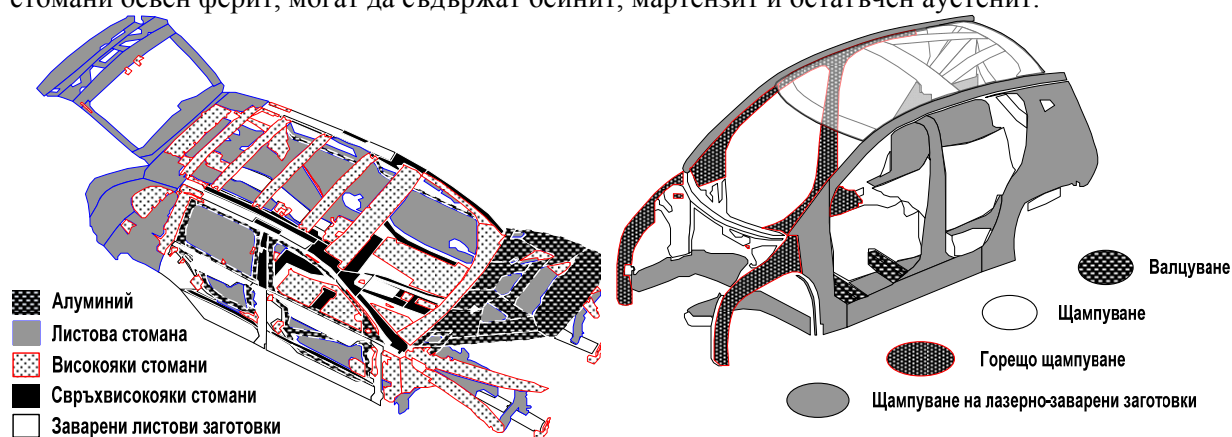
В съвременното машиностроене от особено значение са въпросите свързани с оценка на ефективността на различните варианти в предпроектния стадий. Тези варианти при разработване на технологичната подготовка на производството позволяват да се определят различните остойностявания на предложението и въз основа на това да се вземе решение за окончателния избор. Намаляване трудоемкостта и сложността на технологичната подготовка е свързано с разработването на формализирана процедура, оценяваща съществуващите технологични решения и предложения за нови технологии по икономически показатели. Тази формализирана процедура е свързана с избора на материал за детайлите на даденото изделие съвместно със съпътстващите го обработки. Същите съпътстват цялостния процес на проектиране и чрез тях се осигуряват свойствата и формата на изделието. Именно за това в последно време се отделя внимание за развитие производството на нови стомани с висока якост, които поради подобрената си ефективност по отношение на маса намират приложение в автомобилостроенето. В автомобилостроенето определяща е политиката за използване на олекотени материали, което включва, както алуминия, така и материалите на желязна основа. Едно конструктивно решение на компанията Volvo относно приложението на тези материали е представено на фиг.1. Високояките стомани се оказват най-добрият материал от функционална и икономическа гледни точки за посоченото конкретно приложение. Материалите на желязна основа е възможно да осигурят структура и свойства, поглъщащи енергията на удара при сблъсък (crash effect).

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 [1]. 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.

Масщабността на проекта ULSAB – AVS се състои в прилагането на високояките стомани в рамките на целия автомобил. В цитирано проучване за модела Audi A1 е посочено, че делът на високояките стомани е близо двойно по-голям от обикновените /конвенционални/ нисковъглеродни стомани. Farahani [2] е представил изследване, публикувано от **International Council on Clean Transportation**, което адресира възможни сценарии. Краткосрочният сценарий – дефиниран като готовност през 2014 г. замяната на нисковъглеродната листовата стомана (mild steel) стомана с високояки стомани (HSS). За анализа е избрана **Toyota Venza** от 2009 г. Целта е намаляване на общата маса с 20%, плюс 20% доплащане за цената на крайно изделие при използване на еквивалентно производство и процеси за монтаж.

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.



**Фиг.1.** Приложение на различни видове конструкционни материали за модел Volvo

**Фиг.2.** Използвани технологии за получаването на отделни части от каросерията

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 характеристиките на пластичност. Поради това надеждността на стоманата в конструкцията (изделието) може да бъде характеризирана с конструктивната твърдост – комплекс от механически свойства, намиращи се в корелация с експлоатационните условия на работа.

## 2. ПОДХОД ЗА ИЗБОР НА ТЕХНОЛОГИЧНО РЕШЕНИЕ ПО ОТНОШЕНИЕ НА МАТЕРИАЛ И УЯКЧАВАЩА ТЕХНОЛОГИЯ

Съществува подход за оценка на технологичните решения основан на данни за групови технологии [3]. С цел за получаване на най-добрия вариант на технологичния процес се използва методът на оптимизация чрез генетични алгоритми [4]. Вариантите се оценяват по критерия на себестойност на технологичния процес. Системното решение на задачите от технологичния анализ на производството се осъществява чрез моделиране с използване на математическия апарат на теорията за полихроматичното множество и графи. Подсистемата на изводите съдържа процедури, оценяващи вземането на решения при планиране на производството, основано на адаптивни механизми за функциониране. Основните недостатъци на съществуващите подходи се изразява в слабо използване на натрупания опит при

формирането на възможните варианти поради липсата на формализация и информационно осигуряване на технологичните решения. Формалните методи обаче са непригодни за решаването на повечето задачи за оценката на различните технологии. Това се дължи на обстоятелството, че тези задачи се характеризират с непълнота и разнотипност на данните и вариантност на правилата за извод. Методът на оценка на технологичните решения се основава на case-based reasoning (CBR) approach (прецедентния подход) и предполага използването на база от технологични знания. Използваният подход се основава на организация на автоматизираните технологични решения за конкретно предприятие в което се изпълняват логическите алгоритми за подбора и изчисляването на данните, необходими за формирането на решенията в един отделен технологичен процес. В качеството на технологични решения могат да се разглеждат елементи от структурата на самия процес (на ниво операции), които да съдържат подбора и изчисляването на елементите от процеса. Търсенето в базата знания на близки технологични решения се осъществява на основата на формализирани елементи, съставляващи йерархичната структура на модела от задачата за избор.

Комплексът от задачи, на който се базира настоящото предложение образува йерархична структура, състояща се от последователност на подсистеми, обединени в информационни потоци. Резултатът от решението на целия комплекс от задачи представлява конструкторска-технологична документация за детайлите, необходими за тяхното изработване. От съществено значение при това е необходимо да бъдат изпълнени всички експлоатационни свойства и характеристиките за якост на детайла и на цялото изделие.

Обозначаваме общата задача на технологичната подготовка за производството на детайли от метални материали със  $Z_n$ . Тази задача включва множество подзадачи от особена значимост:

- Избор на материал и вид на уякчаващата обработка;
- Избор на комбинация от режими на технологичния процес, оборудване, екипировка и спомагателни материали за него;

В процеса на решаване на всяка от тях се налага да се решава цяла поредица от подчинени подзадачи. Комплексното решаване на всичките задачи, насочени към получаването на решение на задачата за  $Z_n$  изисква създаването на сложна йерархична система за автоматизиране на процеса на технологичната подготовка на производството, в която – освен изброените задачи влизат и задачите за междунивова координация и задачите, осигуряващи получаването на решение в приемливи срокове.

Формулирането на технологичната подготовка на производството за изделия от метални материали  $Z_n$  в математична форма има следния вид. Нека  $X$  е множеството на всичките възможни варианти:

- Допустими видове материали, използвани за изработването на детайла;
- Видове уякчаващи обработки, осигуряващи механичните показатели за качеството на изделието;
- Видове заготовки и начините за тяхното получаване;
- Възможна комбинация от налично оборудване за осъществяване на геометричната форма и свойствата при обработването на заготовката;
- Необходими приспособления, екипировка и допълнителни материали;
- 

$R$  – множеството на вариантите на технологичните процеси формиращи необходимите размери и свойства на изделието;

$V$  – множеството на технико-икономическите оценки на различните варианти отговарящи на изискванията за изделието;

Въвеждаме функцията  $F$  свързана с избора на ефективния вариант за решаването на задачата с отчитане на нейната реализуемост като изображение на декартовото произведение  $X \times R$  в множеството на оценките, т.е.  $F : X \times R \rightarrow V$  и функцията  $F : R \rightarrow V$ . Тогава задачата  $Z_n$  може да се представи като задача за избора на такъв елемент  $x^* \in X' \subset X$ , при което

$$F(x^*, r) \cup Q(r) \quad (1)$$

за всяко  $r \in R$ . По този начин  $x^*$  е решението на задачата  $Z_n$ , ако при  $r \in R$  оценката на ефективността  $F(x^*, r)$  в отношение  $\cup$  към граничната за тази  $r$  величина  $Q(r)$ . В съотношението (1)  $X'$  е множеството на допустимите варианти на решението.

Задачата  $Z_n$  се определя от комбинацията  $(X', R, F, Q)$ . Елементът  $x^*$  от  $X'$  удовлетворяващ (1) е решението на задачата  $Z_n$  и се характеризира с предиката  $P(x^*, Z_n)$

$$P(x^*, Z_n) \equiv (x^* \text{ е решение на } Z_n) \quad (2)$$

Аналогично да обозначим избора на вида (марката) на метала и на вида на уякчаващата обработка на повърхността на детайла, както и начина за получаване и вида на заготовката в зависимост от избрания вид на уякчаващата обработка със  $Z_v$ , изборът на технологичния процес, оборудването, приспособленията, помощните материали и режимните параметри на механичната обработка със  $Z_m$ , а изборът на технологичния процес, оборудването, приспособленията, помощните материали и режимните параметри на определения по-рано вид уякчаваща обработка със  $Z_u$ . Ще характеризираме задачата  $Z_v$ ,  $Z_m$  и  $Z_u$  с комбинациите  $(X_v, R_v, F_v, Q_v)$ ,  $(X_m, R_m, F_m, Q_m)$  и  $(X_u, R_u, F_u, Q_u)$ . В практически важните случаи може да се приеме, че  $X' = X_v \times X_m \times X_u$ ,  $R = R_v \times R_m \times R_u$  и да се разглежда задачата  $Z_v$  като стесняване на задачата  $Z_n$  върху множеството  $X_v$ ,  $Z_m$  като стесняване на задачата  $Z_n$  върху множеството  $X_m$ , а  $Z_u$  като стесняване на задачата  $Z_n$  върху множеството  $X_u$ , при това  $x^* = (x_v, x_m, x_u)$ .

Отделните други задачи от технологичната подготовка на производството  $Z_{ij} (i \in \{1, 2, 3\}, j \in N_1 \cup N_2 \cup N_3)$ , също могат да бъдат формулирани във вида (1) и характеризирани от комбинациите  $(X_{ij}, R_{ij}, F_{ij}, Q_{ij})$ . За тях, както и за задачите  $Z_n$ ,  $Z_v$ ,  $Z_m$  и  $Z_u$ , намира място условието (2). Общият брой на задачите  $Z_{ij}$  е равен на  $N_1 \cup N_2 \cup N_3$ .

Означаваме вектора  $S_v = (x_{11}, \dots, x_{1N_1})$  от съвкупностите на решенията на задачите  $Z_{1j}$ ,  $j = \overline{1, N_1}$ . Очевидно при определянето на  $S_v$  ще бъдат определени  $x_v \in X_v$  и този факт ще характеризираме с оператора  $\Theta_v$ :

$$x_v = \Theta_v(S_v) \quad (3)$$

Аналогични разсъждения ще бъдат валидни и при определяне на подзадачите на задачите за избор на технологичните процеси, оборудване, приспособления, помощни материали и режимните параметри за механична обработка и уякчаваща обработка на детайла.

Използвайки въведените означения, ще формализираме основните принципи на автоматизираното решение на задачите за технологична подготовка на производството за изделията от метали.

Изборът на материал и вида на неговото уякчаване, видът на заготовката, наборите от оборудване, специалното оборудване и спомагателните материали, както и технологичните операции за обработка за конструируемия детайл се осъществяват, като се изхожда от ефективността на експлоатацията на цялото машиностроително изделие. С други думи, при решаването на задачите  $Z_v$ ,  $Z_m$  и  $Z_u$  трябва да се формира вектор  $S_v$ , който би породил

решението на задачата  $Z_n$ , свеждащ до минимум разходите за конструиране и изготвяне на детайла при висока ефективност и надеждност на експлоатацията на цялото изделие.

На свой ред при решаването на задачите от по-ниското ниво, например на задачите  $Z_{1j}$ ,  $j = \overline{1, N_1}$  трябва да се формира вектор  $S_v$ , който би пораждал решение за задачата  $Z_v$ . Формализирано това може да се запише като

$$\exists(Z_{1j}, x_{1j}, j = \overline{1, N_1}): P(x_{1j}, Z_{1j}) \Rightarrow P(x_v, Z_v) \left| \begin{array}{l} x_v = \Theta_g(S_g); \\ S_v = (x_{11}, \dots, x_{1, N_1}). \end{array} \right. \quad (4)$$

По-често се среща достигането на екстремум на някаква целева функция  $F_v$ , която е определена върху множеството  $H_v = \{x_v | P(x_v, Z_v)\}$  на решенията на задачата  $Z_v$ . В този случай вместо (4) имаме:

$$\begin{aligned} & \exists(Z_{1j}, x_{1j}, j = \overline{1, N_1}): P(x_{1j}, Z_{1j}) \Rightarrow \\ & \exists(S_v^* = (x_{11}^*, \dots, x_{1, N_1}^*), x_{1j}^* = \{x_{1j}\}, j = \overline{1, N_1}): F_v(\Theta_v(S_v^*)) = \underset{x \in H_v}{extr} F_v(x_v). \end{aligned} \quad (5)$$

Аналогичните на (4) и (5) условия се срещат и в задачите  $Z_m$  и  $Z_u$  и от по-високо ниво.

Решаването на задачите за технологична подготовка на производството на детайли от метални материали трябва да се изпълнява, като се отчитат принципите на общата теория на системите, т.е. системата за автоматизирано конструиране и изготвяне трябва да удовлетворява принципите за йерархична структура, координация на подзадачите относно задачите от по-високото ниво, за съвместимост и модифицируемост.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основата на предложения теоретико-множествен модел на задачата за избор на технологично решение и с отчитане на информационното осигуряване (на архива на технологичния процес и технологичното решение, на семантичния информационен модел за описание на технологичния процес ) се разработват процедури за търсене на съответна технология или на технологични елементи в архива на технологичните решения. Търсенето и оценката на най-ефективните решения позволява да се намалят разходите по технологичния реинженеринг на производството, да се осигури високо качество на планираната за производство продукция, за съкращаване на сроковете на получаването на продукцията на пазара.

**Тази публикация беше подготвена с финансовата подкрепа на  
Националният фонд „Научни изследвания” в рамките на договор ДДВУ 02/11**

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] ULSAB-AVC, “Advanced Vehicle Concepts Program Results”, CD March 2002, [www.ulsab-avc.org](http://www.ulsab-avc.org)
- [2] J.M. Madakacherry, D. Eby, M. B. Isaac, A. Farahani, C. Bruggeman and R. C. Averill “A Process of Decoupling and Developing Optimized Body Structure for Safety Performance,” “10th European LS-DYNA Conference.” March 18, 2004.
- [3] Капустин, Н.М., Структурный синтез при автоматизированном проектировании технологических процессов производства деталей с использованием генетических алгоритмов/Н.М.Капустин, П.М.Кузнецов//Информационные технологии, 1998, № 4, стр. 34-37.
- [4] Павлов, В.В., Полихроматические множества в теории систем. Изменение состава ПС-множеств/В.В.Павлов//Информационные технологии, 1998, № 1, стр. 4-8.

# FORMALIZATION AND TENDENCIES FOR DEVELOPMENT OF MATERIALS WITH SPECIALIZED APPLICATIONS

**Nikolay Tontchev**

*University of Transport, 1574, Sofia, 158 Geo Milev Str.*  
**BULGARIA**

**Keywords:** *choice of material(s), technological solutions, multicase synthesis*

**Abstract:** *The report aims at analyzing the problem of choosing technological solutions for multicase synthesis and estimation of the behavior of a class of steels applied at the automotive industry. Based at the proposed conception for choice of material(s) and also of a suitable technological processing mode, a new theoretical approach is offered that leads to an economy of power and materials. A formalization of the basic concepts of multicase choice of the technological solution is presented that enables a possibility for more effective production.*