

Сучасні сталі для автомобілебудування

За матеріалами Міжнародної конференції «Stahl 2011»,
Дюссельдорф, ФРН

У зв'язку з необхідністю різкого скорочення викидів вуглекислого газу в атмосферу останнім часом спостерігається тенденція до переходу від автомобілів з дизельним приводом до електричного. Для компенсації підвищення ваги машин при застосуванні акумуляторів йде пошук засобів для зниження ваги конструкції автомобіля. Найбільш радикальне рішення планує фірма BMW, яка планує відмовитись від сталі, як основного матеріалу. Так, кузов автомобіля MCV буде виконано з використанням надлегкого, але високоміцного композиту вуглепластика. Вперше в світі для виробництва серійних машин буде використано карбон. Проте він у три – п'ять разів дорожче алюмінію і у сорок разів дорожче сталі. Крім того він досить легко розтріскується, що створює додаткові проблеми. Тому серйозні дослідники все більш сходяться на думці про неминучість збереження сталі як основного конструкційного матеріалу в автомобілебудуванні.

Виходячи з цього у міжнародному масштабі розробляється проект Future Steel Vehicle, спрямований на зниження ваги сучасного автомобіля (електромобіля), яке досягається виключно за рахунок застосування високоміцних сталей. Проект виконується найбільшими металургійними фірмами, включаючи Arcelor Mittal, Thyssen Krupp, China Steel, US Steel, Південсталь та ін. Як приклад наводять дані щодо запланованого використання сталей різного класу для виробництва рами електромобіля класу Polo- /Golf. За рахунок цього розраховують знизити вагу на 35 %, а саме від 290 до 188 кг.

В цій конструкції використовують всього 3 % м'яких сталей (Mild). Це низьковуглецеві сталі для глибокого витягування з порогом текучості порядку 140 МПа і порогом міцності 270 МПа. Виробляють ці сталі у вигляді холодно- і гарячокатаних листів товщиною в межах від 0,35 до 4,6 мм. 33 % конструкції рами забезпечують сталі типу HSLA і BH. BH (bake hardening) – дисперсійнотверднучі м'які сталі з порогом текучості від 180 до 300 МПа і порогом міцності відповідно від 300 до 400 МПа. В цих сталях феритна матриця містить розчинений вуглець, який сприяє дисперсійному твердненню при додатковому нагріванні, наприклад, для лакування. Використовують також легування марганцем і фосфором для підвищення міцності. Листи виробляють товщиною від 0,4 до 3,0 мм. HSLA (high – strength low alloy) – це високоміцні низьколеговані сталі. До проекту включено сталі різних марок: від HSLA 350 / 450 до HSLA 550 / 650 (перша цифра – значення порогу текучості, друга – значення порогу міцності, МПа). Діапазон товщин: від 0,50 до 5,0 мм.

У проекті використано також приблизно 31 % сталей типу DP (Dual phase) – двофазні сталі з порогом текучості від 500 – 600 до 1000 МПа. Відомо, що у феритній структурі цих сталей присутні «острівці» мартениту, що забезпечує поєднання високої здатності до формоутворення і міцності. Для них також характерна хороша здатність до поглинання енергії удару. Можливі додаткові зміцнення за рахунок дисперсійного тверднення. Діапазон товщин залежить від конкретної марки сталі і змінюється в межах від 0,50 – 1,00 до 2 – 4 мм. Приблизно 12 % загальної маси конструкції приходить на TWIN (Transformation Induced Plasticity) – сталі з використанням ефекту пластичності, наведеної мартенситним перетворенням, а також TRIP (Transformation Induced Plasticity) – сталі з використанням пластичності, наведеної двійникуванням. Сутність відповідних методів добре відома. Різні марки цих сталей характеризує

поріг текучості від 350 до 600 МПа і поріг міцності від 600 до 1000 МПа. Листи з них виробляють товщиною від 0,6 до 2,0 мм.

Понад 10 % ваги рами автомобіля складають сталі типу CP і MS CP (complex phase) – багатофазні сталі, структура яких містить невелику кількість мартенситу, залишкового аустеніту і перліту у ферито-бейнітній матриці. Високодисперсна структура зумовлюється частковою рекристалізацією при мікролегуванні титаном і ніобієм. Порівняно із двофазними такі сталі володіють більш високою міцністю. Поріг текучості різних марок сталей цього типу знаходиться в межах від 500 до 1000 МПа, а поріг міцності 800 – 1500 МПа. Товщина листа від 0,8 – 1,0 до 2 – 3 мм MS (Martensitic Steel) – мартенситні сталі в яких внаслідок прискороного охолодження після прокатування або з окремого нагріву одержують структуру мартенситу із вкрапленнями фериту або бейніту. Поріг текучості складає від 950 до 1150 МПа, поріг міцності від 1200 до 1400 МПа. Пластичність таких сталей невисока – відносно звуження зазвичай 5 – 7 %. Це група сталей, як і група HF, використовується для особливо навантажених деталей рами, які виготовляються гарячою деформацією і не піддаються ударним навантаженням. HF (hot – formed) – це сталі призначені для одержання виробів методами гарячого штампування. Питома вага їх у проєкті становить 11 %. Для них характерне легування бором (0,002 – 0,005 %). Штампування завершують при температурах, близьких до 850 °С, після цього здійснюють охолодження зі швидкістю понад 50 °С/с. Типова марка сталі в Німеччині 22 MnB5. Після термічної обробки досягається поріг текучості понад 1000 МПа і поріг міцності понад 1500 МПа. Товщина листа від 0,6 до 2,3 мм.

Кілька слів про новітні розробки концерну Thyssen Krupp. Тут розпочинають виробництво трифазних сталей з нанозміцненням. Найближчим часом на ринок надійде сталь TPN – W900. Структура цієї сталі складається з фериту, бейніту і залишкового аустеніту з тонкими нанорозмірними карбідами. Сталь буде вироблятися у вигляді гарячекатаної смуги товщиною від 1,6 до 4,0 мм, шириною до 1400 мм. Мінімальні значення порогу міцності її 900 МПа, порогу текучості 750 МПа, відносного видовження 15 %. Сталь планується використовувати для монолітних частин рами дверей автомобіля.

Минулого року почалось постачання надвисокоміцної тонколистової сталі MBW1900, легованої марганцем і бором. Вона буде постачатись у гаряче- і холоднокатаному станах смугами товщиною від 1,5 до 3,0 мм і товщиною до 1550 мм. Сталь забезпечує після термічної обробки мінімальні значення порогу текучості 1000 МПа, порогу міцності 1900 МПа і відносного видовження 5 %. Основне застосування цієї сталі – несучі конструкції автомобіля (бокова несуча рама, рама дверей, бампер тощо), які виготовляють гарячим штампуванням.

При цьому запропоновано цікаву технологію градієнтного зміцнення деталей. Так, для рами дверей бажано забезпечити більшу пластичність при достатній міцності у нижній частині для демпфування енергії удару, а у верхній частині рами – більшу міцність. Тому для забезпечення цього штампувальний інструмент нагрівають по різному: до більш високої температури в частині, що відповідає низу рами, і до більш низької температури у частині, що відповідає її верху. В результаті різних швидкостей охолодження одержують внизу рами міцність порядку 700 МПа при відносному видовженні 15 %, а у верхній частині відповідно 1900 МПа і 5 %. Перехідна зона становить при цьому 15 – 60 мм.

*Доктор технічних наук, професор
О. Л. Гелер, Дортмунд, ФРН*