

Прохорова Т. В.; Перчемлі І. Ф.; Колесніков В. О., к.т.н., доц.

МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

В роботі в стислій формі розглянуто нові матеріали в автомобільній промисловості та матеріали, які вже використовуються. Також поверхнево розглянуто деякі аспекти вдосконалення технологій виробничого процесу, й характеристики матеріалів.

Постановка проблеми. В даній роботі продовжено розвиток наукового напрямку прикладного матеріалознавства в аспекті автомобільній галузі [1-12]. Мета роботи полягає в продовженні систематизації інформації стосовно впровадження та застосування нових матеріалів в автомобільній промисловості.

Як відомо, автомобільна промисловість застосовує найновітніші інноваційні розробки, що з'являються завдяки розвитку науки та нових технологій. Серед головних векторів в сучасній автомобільній промисловості це створення інтелектуальних автомобілів, які можуть впоратись з різними складними ситуаціями на дорозі без участі водія та розвиток автомобілів, що мають альтернативні джерела енергії, серед них найбільш відомі та успішні лінійка автомобілів Tesla.

Так серед останніх повідомлень [13] про те що, Tesla випустила версію 8.1 своєї системи Autopilot, яка доступна тільки для автомобілів, оснащених обладнанням Autopilot 2.0. Як було оголошено раніше генеральним директором Ілона Маском, автомобілі Tesla, оснащені повним комплектом устаткування для самостійного водіння, незабаром зможуть запропонувати автономію 5 рівня при поступовому відновленні програмного забезпечення.

Autopilot 8.1 є лише одним з тих, що який надає йому більш високу межу швидкості Autosteer (з 89 км/год до 129 км/год). Проте, автовиробник вимагає, щоб камери були відкалібровані до використання Autosteer на більш високих швидкостях, що робиться автоматично протягом декількох днів їзди на добре позначених магістралях. Ще одне введення з оновленням - Auto Lane Change. Це функція, яка вже була доступна на Tesla, обладнані апаратними засобами першого покоління Autopilot. Оновлення також включає в себе Summon, бета-функцію. Вона працює при поєднанні з Autopark, за допомогою чого автомобіль може бути викликаний з паркінгу навидь смартфоном.

Також стало відомо, що прототип електричного седана Tesla Model 3 дебютував у квітні 2016 року. Поки про моделі відомо лише те, що базовий електрокар зможе прискорюватися з місця до 100 кілометрів на годину за приблизно 6 секунд, а топовий – за 4. При цьому також відомо, що в базовій комплектації Tesla Model 3 при повному заряді акумулятора зможе проїхати 346 кілометрів.

Tesla Model 3 вважається найбільш доступним електрокаром компанії Tesla Motors. Його ціна стартує від 35 тисяч доларів. Продажі автомобіля почнуться не раніше кінця 2018 року [14].

Автомобільна промисловість проводить великі роботи з удосконалення конструкції, поліпшенню технології виробництва, застосування нових матеріалів в автомобілебудуванні, а також є великим споживачем еластичних, жорстких і напівжорстких матеріалів. З еластичних матеріалів виготовляють подушки і спинки сидінь, підлокітники, підголівники, амортизатори, бампери та інші деталі і вузли автомобілів. Жорсткими матеріалами заповнюють порожнини кузовів автомобілів для захисту від корозії і додання стійкості салону [15, 17, 21].

Вона характеризується досконалою технологією і виробничий процес включає: підготовку, організацію і планування виробництва; підготовку засобів виробництва;

отримання і зберігання матеріалів і напівфабрикатів; одержання деталей, вузлів і агрегатів від заводів-суміжників; отримання та виготовлення заготовок; усі стадії виготовлення деталей машин; складання вузлів і виробів; транспортування матеріалів, заготовок, деталей і вузлів на всіх стадіях виробництва; технічний контроль, включаючи випробування вузлів і готових автомобілів, коли необхідна розбирання, зібраних вузлів і автомобілів; зберігання та інші дії, пов'язані з випуском автомобілів [16, 19].

Автомобільне будівництво є найбільшим споживачем промислових покриттів на відміну від інших областей використання лакофарбової продукції, де навіть невеликі кількості фарб поставляються безліччю виробників, виробництвом: автомобільних покриттів займається кілька фірм, найбільша з яких Du Pont de Nemours and Co [18].

В автомобільній промисловості швидко зростає споживання еластичних пінополіуретанів обумовлений розвитком способів виготовлення цільних пінопластових сидінь, які з'явилися з розробкою поліуретанів холодного затвердіння, з поліолефінів широко застосовуються поліетилен, поліпропілен, а також різні їх модифікації [19,20].

В залежності від складу сполучного і виду наповнювача застосовуються два основних види матеріалів: склопластики контактного формування та препреги, для автомобільної промисловості розроблено кілька вітчизняних марок інтегральних, еластичних і напівжорстких матеріалів, застосовується ацетилцеллюлозний етрол АЦЕ (ТУ 6-05-1528-78) марок АЦЕ-40А, АЦЕ-55А, АЦЕ-55АМ і ацетобутіратцеллюлозний етрол АБЦЕ (ТУ 6-05-1418-78) марки АБЦЕ-15ДСМ. Всі фенольні пластики, такі як прес-порошки, волокніту, стекловолокніту, а також листові напівфабрикати, з яких виходять механічним шляхом вироби (текстоліти, гетинакс), переробляються пресуванням. Технологічні властивості та режими переробки екструзійних термопластів, які застосовують для формування деталей інтер'єру з плівок АБС ПВХ і листів з АБС-пластика та інших виробів застосовується головним чином вакуумне формування. Це пояснюється тим, що в конструкції автомобіля поки використовуються листові і плівкові матеріали товщиною до 4 - 5 мм і тиску 0060 - 0085 МПа, яке створюється при цьому методі, достатньо для формування виробів [17,18].

З алюмінію виготовляють обкладки конденсаторів, заклепки для фрикційних накладок; крім того, він має велике застосування в різних сплавах, латунь застосовується для виготовлення різних втулок, краників, деталей карбюраторів, деталей системи охолодження і різної арматури, бронза різного хімічного складу застосовується для виготовлення втулок, вкладишів підшипників та інших деталей [21, 22].

У машинобудуванні, ремонтної і монтажній практиці більшість деталей, оброблюваних в механічних, механоскладальних, інструментальних і ремонтних цехах, виготовляють з чавуну, сталі, кольорових металів, твердих сплавів та інших конструкційних матеріалів [16,18].

Чавуни. Розрізняють білий – переробний чавун і сірий чавун – залізобуглецевий сплав з вмістом вуглецю понад 2,14%, застосовують як конструкційний матеріал для корпусних деталей, зубчастих коліс, важелів та інших виробів, що не випробовують високих механічних навантажень. Марки за старою класифікацією позначаються наступним чином: СЧ-18-36. СЧ - сірий чавун 18 кг / мм² або 180 МПа межа міцності при розтягуванні 36 кг/мм² або 360 МПа межа міцності при вигині. Сірий чавун добре обробляється ріжучим інструментом, має високу зносостійкість. Недоліком сірого чавуну є значна крихкість і мала пластичність. Міцність сірого чавуну можна збільшити вводячи в його склад спеціальні добавки – модифікатори. В якості модифікаторів використовують магній, церій, феросиліцій, силикокальцій, алюміній, марганець, нікель. Маркується ВЧ 38-17, означає високо-випробувальний чавун з межею міцності 38 кг / мм² або 380 МПа і відносним подовженням $\epsilon = 17\%$ [18].

Ковкий чавун. Назва "ковкий" умовне, практично чавуни чи не кують, ковкі чавуни отримують з білого чавуну шляхом тривалого відпалу (томління) при високих температурах. Ковкий чавун має підвищену міцність при розтягуванні, невисокою пластичністю і високий опір удару. За механічними властивостями він займає проміжне положення між сірим

чавуном і сталлю. Маркується за старою класифікацією КЧ 30-6, КЧ 37-12, 37 кг / мм² (370 МПа) межа міцності при розтягуванні, 12 - відносне подовження $\epsilon = 12\%$.

Чавунні деталі, що працюють при підвищених температурах виготовляють з жароміцного чавуну ЖЧ. Наприклад, ЖЧХ 2,5, де Х - хром 2,5%. Деталі, що працюють в газовій і кислотному середовищі, виготовляють з корозійностійких чавунів, а деталі, що працюють в умовах тертя - з антифрикційних чавунів.

Конструкційні сталі. Вуглецеві і леговані сталі. Сталь – це сплав заліза з вуглецем, зазвичай містить від 0,05 до 1,5% вуглецю і відповідні домішки кремнію, марганцю, сірки, фосфору та ін. Для додання сталі тих чи інших властивостей в сталь вводять хром, вольфрам, ванадій, кобальт, титан і інші легуючі елементи. Залежно від хімічного складу розрізняють сталі вуглецеві і леговані, від застосування - сталі загального призначення або конструкційні, що йдуть на виготовлення деталей машин і різних металевих виробів; інструментальні сталі, призначені для виготовлення ріжучого і вимірювального інструмента і штампів, а також сталі спеціального призначення – підшипникові, пружинні, жароміцні, корозійностійких, електротехнічні та ін.

Конструкційні сталі підвищеної і високої оброблюваності різанням - низьковуглецеві сталі з підвищеним вмістом сірки і фосфору, що покращує їх оброблюваність різанням і процес утворення стружки. Сталі застосовують для виготовлення мало відповідальних деталей (гайок, болтів, кришок, рукояток і т.п.). Деякі марки сталі піддають термічній обробці. Сталі позначають буквою А, що вказує призначення сталі (автоматна), і двозначним числом, що вказує вміст вуглецю в сотих частках відсотка. Наприклад, А30 - автоматна сталь з вмістом 0,3% С [20,21].

Сталь вуглецева конструкційна, звичайної якості. Загального призначення застосовується для деталей машин, верстатів, автомобілів, тракторів, труб різного призначення, при порівняно невідповідальних призначення конструкцій і деталей. Сталь ділиться на групи А, Б і В. Належність до групи вказується в марці сталі (буква А не вказується). Сталі групи А, наприклад, застосовують, коли вони не піддають гарячій обробці (зварюванні, куванні і ін.). Сталі групи Б і В піддають термічній обробці, при якій механічні властивості змінюються. Марки цих груп позначають буквами Ст і однозначною цифрою від 0 до 6 умовним номером марки в залежності від хімічного складу і хімічних властивостей. Наприклад, Ст 4 – сталь вуглецева, конструкційна, звичайної якості, загального призначення групи А, номер марки 4. У ряді випадків марка містить позначення ступеня розкислення при виплавці в конвертерах з продувкою киснем, в мартенівських і електричних печах. Залежно від розкислення вони бувають спокійною (сп), напівспокійну (пс) і киплячій (кп), наприклад, Ст 4 кп або В Ст 3 сп.[6]

Сталі, конструкційні, якісні, застосовують для виготовлення деталей машин з підвищеними вимогами до міцності. Двозначним числом в марці означає середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка, наприклад, Ст 08, Ст 15, Ст 45, Ст 80 і ін. У ряді випадків марка містить вказівку способу розкислення (літери кп або пс), вміст марганцю буква Г, наприклад, Ст 65 Г [16, 17, 21].

Сталі леговані, конструкційні. Загального призначення мають велику кількість груп і марок. Залежно від вмісту вуглецю сталі діляться на цементовані (низьковуглецеві) і покращувані (середньо вуглецеві). Позначення марок сталі пов'язано з її хімічним складом і назвою легуючих елементів, наприклад, хромисті сталі – 15Х, 38ХА, 45Х; марганцевисті сталі – 20Г, 35Г; хромомарганценікелевих – 38ХГН; хромонікельмолібденових сталей – 14Х2Н3МА; хромоалюмінієві сталі з добавкою молібдену – 38Х2МЮА і т.д.

Інструментальні сталі. Всі інструментальні сталі діляться на вуглецеві, леговані і швидкорізальні. Сталі діляться на 3 групи - помірною, підвищеної та високої теплостійкості. З огляду на високу вартість швидкорізальних сталей, з них виготовляється тільки ріжуча частина інструмента, а корпус, державки, хвостовики інструментів роблять з конструкційних сталей. У марках швидкорізальних сталей буква Р (рапід) означає, що сталь відноситься до групи швидкорізальних. Цифри, що стоять після неї вказують середній вміст вольфраму в

відсотках. Решта букви і цифри мають те ж значення, що і в марках легованих сталей. Наприклад: P6M5, P18Ф2, P10K5Ф5 [5,6].

Серед перспективних матеріалів, що вже знаходять своє застосування можна відмітити наноструктуровані сталі та сплави [6 - 8]. Їх відокремлюють від інших залізовуглецевих сплавів більш високі фізико-механічні властивості.

Серед сталей, що застосовуються в автомобілебудуванні можна відмітити [23]:

Високопластичні IF-сталі, структура яких стабілізована мікродобавками титану або / і ніобію, містять наднизьким кількість вуглецю ($\leq 0,005\%$), який разом з азотом повністю пов'язаний в карбіди, нітриди і карбонітриди.

Сталі, що зміцнюються в процесі сушіння лакофарбового покриття (ВН-сталі). Перевагою ВН-сталей є зміцнення, що досягається в єдиному технологічному потоці в процесі сушіння лакофарбового покриття кузова.

Двофазні сталі (Dual Phase (DP) steels - DP-сталі) з ферритно-мартенситною (або ферритно-бейнітною) структурою мають високі властивості. «М'який» феррит (до 80%) надає високі пластичні властивості DP-сталей в початковому стані.

TRIP-сталі (Transformation Induced Plasticity (TRIP) steels), мікроструктура яких є феритної матрицю з дисперсно-розподіленими включеннями міцної мартенситної і / або бейнітною складової.

Багатофазні сталі (Complex Phase (CP) steels - CP-сталі) мають високодисперсну феритну структуру з великою об'ємною часткою твердих фаз (структурних складових).

Листові сталі, містять 0,07% С, 0,6% Si, 2,4% Mn, мають такі типові показники властивостей: $\sigma_t = 710$ Н/мм², $\sigma_b = 1010$ Н/мм², $\delta_5 = 14\%$, $\delta_p = 8\%$.

Сучасні багатофазні сталі розроблялися не тільки з метою зниження маси, але і для підвищення безпеки експлуатації автомобілів. Використання традиційних механізмів зміцнення, таких як твердорозчинне або дисперсійне зміцнення, погіршують обробку тиском. На відміну від традиційних матеріалів двофазні, CP- і TRIP-сталі демонструють більшу міцність при досить хорошій обробці тиском (причому в деяких випадках дуже високою).

Механічні властивості багатофазних сталей перевершують механічні властивості холоднокатаних високоміцних сталей (HSLA). Ці сталі характеризуються більш високою міцністю в порівнянні з високоміцними сталями типу IF. Однак виробництво таких сталей дуже складно і вимагає точного дотримання технологічних параметрів.

Мартенситні сталі (Martensitic (Mart) steels) забезпечують величину тимчасового опору до 1500 Н/мм². Ці сталі піддають гарту з подальшим відпуском для підвищення пластичності і забезпечення високої формуючості при дуже високих величинах деформації. Сверхвисокоміцні листові сталі використовуються, головним чином, для елементів жорсткості. Деталі з таких сталей виготовляють гнучкою в штампах або на роликкових машинах, однак такі сталі схильні до розтріскування і пружного повернення. В останні роки переходять на більш високотехнологічні процеси - гарячої листового штампування з загартуванням в штампі.

З кожним роком збільшується обсяг застосування високоміцних сталей нового покоління типів AHSS (advanced high-strength steels) і UHSS (ultra high-strength steels) з межею плинності від 400 до 1200 Н/мм². Необхідно враховувати, що їх застосування вимагає не тільки значних змін методів проектування конструкції деталей, але і технології штампування, освоєння нових технологій виготовлення деталей і вузлів (гідроформовки, профілювання, лазерне зварювання кузова і т.д.). Зарубіжний досвід показує, що сталі цих типів доцільно використовувати на підприємствах-виробниках автокомпонентів, що впливають на пасивну безпеку автомобіля (бруси безпеки, лонжерони, елементи системи бампера і т.д.). Збільшення використання високоміцних сталей призводить до необхідності збільшення обсягу використання сучасних комп'ютерних методів не тільки конструювання деталей, але і моделювання умов їх роботи, для вибору сталі оптимального типу з точки зору

її механічних і технологічних властивостей (штампуємость) в кожному конкретному випадку.

Активно розробляються високоміцні ($\sigma \geq 600 \text{ Н/мм}^2$) аустенітні сталі (Twinning Induced Plasticity - TWIP steels - TWIP-стали), які володіють дуже високими пластичними властивостями (повне подовження понад 80%). Унікальні властивості цих високомарганцовістих (до 30% Mn) сталей, що містять до 9% алюмінію, забезпечуються двійникуванням кристалічної решітки. Низька енергія дефектів упаковки в поєднанні з зміцнюючими деформаційним мартенситним перетворенням дозволяє ефективно зміцнювати ці сталі при гідропресуванні.

Леговані високомарганцовісті (15-30% Mn) сталі проявляють два основних деформаційних механізмів: 1) пластичність, наведена двійникуванням (TWIP), і 2) перетворенням (TRIP).

Високоміцні і надпластичні сталі нового покоління для полегшених конструкцій (TRIPLEX-стали) на основі чотирьохкомпонентної системи Fe-Mn-Al-C з вмістом алюмінію до 12% характеризуються більш низькою питомою масою (до 14%), високою межею плинності ($800-1000 \text{ Н/мм}^2$) і підвищеним відносним подовженням (до 70%), а також чудовою здатністю до глибокої витяжки. Структура сталі складається з аустенітної матриці Fe (Mn, Al, Z), об'ємних часток фериту і нанодисперсних частинок κ -карбідів. Що досягається за допомогою термічної обробки керованим і рівномірним розподілом κ -карбідів, що призводить до прецизійного рівномірного зрушенні кристалічної решітки. Це обумовлює надзвичайно високу формуємость. Цей механізм позначається як SIP-effect (shear band induced plasticity).

Наноструктурована гарячекатана сталь NANOHITEN (розробка компанією JFE Steel) з високою межею плинності (780 Н/мм^2) створена на основі феритної структури, зміцненої дисперсними частинками.

Основні металознавчі ідеї цієї сталі:

- однофазна мікроструктура з використанням фериту як матриці;
- зміцнення виділеннями карбідів розміром кілька нанометрів;
- надзвичайно висока термічна стабільність виділень;
- через велике зміцнення, досягнутого дисперсійним твердінням, можливість уникнути використання кремнію як елемента, зміцнюючого твердий розчин.

Подібна мікроструктура забезпечує високу величину відносного подовження (до 25%). Оскільки сталь «NANOHITEN» не містить кремнію, вона добре піддається гарячому цинкуванню і вже використовується в конструкціях кузова і елементах безпеки, а також для важелів, кронштейнів та деталей шасі.

Тверді сплави. Заміна швидкоріжучого інструменту твердосплавним дозволяє підвищити швидкість різання в 1,5-2 рази і збільшити стійкість інструмента (час до затуплення і переточування) не менше ніж в 3-5 разів. Тверді сплави для оснащення ріжучого інструменту випускають у вигляді пластин, форма і розміри яких визначаються відповідними стандартами. За хімічним складом тверді сплави підрозділяються на три групи: вольфрамові (однокарбідні) тверді сплави, що містять карбіди вольфраму BK2, BK3, BK4, BK6, BK8 і ін. Цифри в позначенні марки твердого сплаву показують зміст сполучного кобальту в процентах, решта карбід вольфраму. Сплави цієї групи застосовують для обробки чавуну і інших крихких матеріалів при переривчастому різанні (стругання, фрезерування). Крім того, інструменти зі сплаву цієї групи використовують при обробці жароміцних і титанових сплавів, так як вольфрамокобальтового сплаву, тверді сплави не містять титану. Оскільки жароміцні сталі містять титан, то застосування інструментального матеріалу з вмістом титану може привести до адгезісхватування з подальшим видаленням частинок інструментального матеріалу стружкою або матеріалом заготовки. Це призводить до передчасного виходу інструменту з ладу. Титано-вольфрамові (двокарбідні) тверді сплави містять карбіди вольфраму і титану зцементовані кобальтом (T5K10, T14K8, T15K6 та ін.). Цифри в позначенні марки твердого сплаву показують процентний вміст карбіду титану і

кобальту, решта - карбіди вольфраму. Інструменти, виготовлені з цієї групи твердих сплавів застосовують для обробки сталей.

Магнієві сплави. Сплави магнію по питомій міцності перевершують деякі конструкційні сталі, чавуни і алюмінієві сплави. Магнієві сплави добре пресуються, куються, прокочуються і обробляються різанням. Найбільш поширені такі групи магнієвих сплавів: ливарні магнієві сплави марок від МЛ2 до МЛ15 застосовуються для деталей, від яких потрібна підвищена корозійна стійкість і герметичність; надлегкі магнієві сплави марок ІМВ2, ВМД5 мають низьку міцність (1,4...1,6 г/см²), Підвищену пластичність, хороші механічні властивості при криогенних (низьких) температурах; сплав з високою деформацією здатністю МЦІ призначений для деталей, що працюють в умовах впливу вібраційних навантажень [22].

Титанові сплави. Титанові сплави відрізняються малою щільністю, високими механічними властивостями і корозійну стійкість 0,01 мм в 1000 років. При терті титану його сплави схильні до схоплювання з іншими металами, тому механічна обробка різанням складна і вимагає особливих прийомів. Застосовують для деталей реакторів з агресивними середовищами, холодильників, резервуарів для органічних кислот, апаратури для виготовлення медикаментів, медичного інструменту, паливних баків і т.п. Найбільше значення мають сплави титану з хромом, алюмінієм, ванадієм (в невеликій кількості) при малому вмісті вуглецю (десять частки відсотка). Наприклад, сплав ВТ-2, що містить 1-2% алюмінію і 2-3% хрому, а також сплав ВТ5, що містить 5% алюмінію, мають високу міцність і пластичність, застосовуються для виготовлення листового металу. Сплав ВТ3, що містить 5% алюмінію, 3% хрому має жароміцність до 400 °С. Багато сплави титану піддаються термічній обробці, чим досягається ще більша міцність, відповідна міцності високолегованих сталей [16].

Еххон Mobil прогнозує, що до 2040 року половина всіх нових автомобілів, які зійдуть з конвеєра, будуть гібридними. Однак у гібридних авто є одна проблема: акумулятори, енергія яких використовується для роботи електродвигуна, дуже громіздкі і важкі, навіть при нинішньому розвитку літій-іонних батарей [24].

У Європі група з дев'яти автовиробників в даний час випробують в кузовні панелі, які можуть накопичувати енергію і заряд швидше, ніж звичайні батареї. Вони виготовляються з полімерного вуглецевого волокна і смоли, і вони міцні, але гнучкі. Завдяки розробці вага автомобілів може знизитися на 15% [24].

До новинок можна додати [24]:

Безповітряні шини. Специфічна конструкція шин, виготовлених з термопластичної смоли, дозволяє підтримувати вагу автомобіля завдяки зігнутим спицям.

Розумні фари. Дослідники з університету Карнегі-Меллон розробили систему фар, що поєднує камеру, проектор, розділову призму і процесор, яка дивним чином зменшує кількість крапель в полі зору водія. Камера виявляє краплі, процесор визначає їхнє майбутнє розташування, проектор в свою чергу «обходить» частинки, висвітлюючи тільки те, що знаходиться за ними. При цьому весь процес займає близько 13 мілісекунд.

Гірофобні вікна. Властивості відтолкувати воду реалізовані в моделі KIA CADENZA 2014 року.

Серед вітчизнаних досягнень можна відзначити, що сьогодні формується автомотокластер. В цій області вже є п'ять великих підприємств цього напрямку. На найбільшому з них працює близько 6 тисяч, а на найменшому – 2 тисячі осіб. Компанія Aluthea планує, відкрити новий завод де буде розгорнуто виробництво лиття алюмінієвих деталей під тиском [25].

Також слід додати про плани з виготовлення електромобілів [26], та виробництво автобусів, трамваїв та тролейбусів. Які стають більш екологічними та комфортними.

Висновки. Основним напрямом розвитку автомобільної промисловості, має бути значне підвищення якості продукції із використанням наукових і технічних досягнень та

розробки нових матеріалів, що будуть використовуватись в автомобільній промисловості. За рахунок інноваційного розвитку автомобілебудування, можна реалізувати конкурентоспроможну продукцію як на національному, так і на світових ринках, що забезпечить входження країни в міжнародне економічне співтовариство. Кооперація автомобілебудування з іншими галузями забезпечує безперервне впровадження нових матеріалів та технологій.

Список літературних джерел

1. Колесніков В. О., Нестеров А. О., Глюзицький О. О. Застосування можливостей обчислювального матеріалознавства та ІТ технологій для розробки автомобільних деталей // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця, с.6-12.
2. Колесніков В. О., Глюзицький О. О. Застосування можливостей нових технологій та прикладного матеріалознавства для впровадження автомобільних матеріалів // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця, с.49-57.
3. Балицький О. І., Колесніков В. О., Хмель Я., Лопаткін І. О., Черняхів П. І. Дослідження зносостійкості матеріалів для деталей транспорту // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця, с.60-64.
4. Балицький О. І., Колесніков В. О., Гаврилюк М. Р., Ріпей І. В., Гарда В. М., Нестеров А. О. Дослідження змащувальних охолоджуючих рідин для обробки деталей транспорту // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця, с.67-73.
5. Колесников В. А., Калинин А. В., Балицкий А. И., Хмель Я. Необходимость учета влияния водорода на износостойкость материалов в тормозных парах трения автомобилей // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2009. – № 11(141). – Частина 1. – С.62 - 66.
6. В. А. Колесников Новые наноструктурированные высокоазотистые марганцевые стали // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Електронне наукове фахове видання, 2009. – № 5. Режим доступу: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vsunud/2009-5E/09kvavms.htm>.
7. Колесников В. А. Наноструктурированные стали и сплавы. часть 1. общие сведения // Наукові вісті Даліського університету електронний журнал Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2011. – № 2. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2011_2/11kvasis.pdf.
8. Колесников В. А. Наноструктурированные сплавы и наноматериалы в автомобильной промышленности // Наукові вісті Даліського університету // Електронний журнал СХУ ім. В.Даля, 2011. – № 3. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2011_3/Tehno/11kvavap.pdf.
9. Курьлев В. О., Тупельняк О. Л., Колесников В. А. Возможности использования водорода как топлива для автомобилей // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 травня 2011 р. – С. 104 - 107.
10. Колесников В. А. Продукты износа в двигателях автомобилей // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції "Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 19 квітня 2013 р. С. 361 -364.
11. Хорольский С. М., Колесников В. А. Применение новых материалов в автомобилестроении // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції

“Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 19 квітня 2013 р. С. 366 -368.

12. Матвеев Б. В., Колесников В. А. Инновации в автомобилостроении// Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 19 квітня 2013 р. С. 368 -370.

13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://auto.today/news/6818-tesla-pokazal-novuyu-progressivnuyu-versiyu-avtopilota.html>.

14. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://automotoclub.info/category/tesla/tesla-model-3-nova-informaciya-vid-ilona-maski.html>.

15. Гуляев А. П. Металловедение. – М. : Металлургия, 1986

16. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение. – М. : Машиностроение, 1990.

17. Материаловедение / Под. общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003.

18. Коршунова Т. Е. Строеие, свойства и применение сталей и чугунов. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2003.

19. Геллер Ю. А. Инструментальные стали. – М. : Металлургия, 1983.

20. Гуляев А. П., Малинина К. А., Саверина С. М. Инструментальные стали: Справочник. – М.: Машиностроение, 1975.

21. Журавлев В. Н., Николаева О. И. Машиностроительные стали: Справочник. – М. : Машиностроение, 1992.

22. Калачев Б.А., Ливанов Б. А., Елагин В. И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. – М.: МИСИС, 2005.

23. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://metal-archive.ru/metallurgiya/773-stali-dlya-avtomobilestroeniya.html>.

24. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lookatme.ru/mag/live/future-research/197165-future-car-technologies/>

25. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gazeta.lviv.ua/2017/03/28/nalvivshhini-mozhe-z-yavitisya-zavod-iz-livarnogo-virobnictva>.

26. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://galinfo.com.ua/news/u_lvovi_elektron_prezentuvav_novi_avtobusy_vygotovleni_dlya_mista_229326.html.

Прохорова Тетяна Владиславівна – бакалавр кафедри технології виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ

Перчемлі Ірина Федорівна – магістрант кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ

Колесніков Валерій Олександрович – к.т.н., м.н.с. сумісник лабораторії водневої стійкості конструкційних сплавів відділу фізичних основ руйнування та міцності матеріалів в агресивних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України; доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ