

Brembo - гальмівні системи майбутнього

дата публікації: 2022.02.10



Чим відрізняються сучасні автомобілі від автомобілів вчорашнього дня і які зміни очікуються в найближчому майбутньому? Як подібні перетворення вплинули і можуть вплинути на гальмівну систему та її компоненти? У цій статті ми відповімо на ці питання, а також розглянемо основні тенденції, які сприятимуть формуванню автомобіля майбутнього та докладно проаналізуємо вплив цих перетворень на гальмівну систему та ринок запасних частин загалом.

Від автомобілів минулого до автомобілів сьогодення: що змінилося?

За останні кілька десятиліть автомобілі зазнали ряду конструктивних змін, але, як ми дізнаємося, їх основні параметри практично залишилися незмінними. Як приклад візьмемо Golf, випущений на ринок у 1975 р., тобто понад 45 років тому.

Якщо ми проаналізуємо п'ять моделей зі схожими бензиновими двигунами – від Golf I 1975 до Golf VII 2012, то ми виявимо, що з роками збільшилася як вага автомобіля, так і його максимальна швидкість, а отже, і потужність двигуна. Йдеться про характеристики, які за останні кілька десятиліть зазнали аналогічних змін у більшості автомобілів.

Вага зростає з різних причин, зокрема, через збільшення розмірів автомобілів та кількості пристроїв безпеки, дверних протиударних балок та різних подушок безпеки, а також через наявність електронних пристроїв.

Збільшення ваги і швидкості відповідно спричинило необхідність використання більш потужних гальмівних систем для розсіювання кінетичної енергії і, як наслідок, тепла, що виділяється при гальмуванні.

Проте слід зазначити, що за 130 років з моменту винаходу автомобіля його основні компоненти практично не змінилися:

- **мозок - водій,**

- **серце - двигун внутрішнього згоряння,**
- **ноги - колеса.**

Автомобілі майбутнього: основні тенденції

На думку більшості експертів, майбутнє автомобіля обумовлено трьома основними тенденціями:

- **екологія - скорочення викидів та електрифікація двигунів,**
- **безпека - більш досконалі системи допомоги під час водіння, - мобільність - нове ставлення до автомобіля.**

Останній аспект обумовлено системою мобільності pay-per-use (система оплати в міру користування), якому віддає перевагу нове покоління: покоління Y не зацікавлене у володінні автомобілем, а воліє використовувати додаток, що дозволяє щоразу обирати певний вид транспорту відповідно до своїх потреб.

Екологія та гальмівна система: що в майбутньому?

Почнемо з екологічної змінної та, зокрема, із найскладнішого завдання для автовиробників – зі скорочення викидів вуглекислого газу. Щоб зменшити викид CO₂ в атмосферу, необхідно зменшити споживання пального. Витрата пального залежить не тільки від типу двигуна, що використовується, але й від ваги транспортного засобу, саме тому – з метою зниження ваги – перегляду піддається і гальмівна система.

Технології для зниження ваги гальмівної системи автомобіля, які ми тут розглянемо, стосуються дисків, колодок та гальмівних супортів.

Технології гальмівних дисків

Почнемо з дисків та аналізу основних технологій, деякі з яких вже існують на ринку, а інші стануть доступними у найближчому майбутньому:

Композитні диски з чавуну та алюмінію (BMW)

Гальмівна поверхня з чавуну та маточина з алюмінію, механічно з'єднані сталевими штифтами: це рішення дозволяє знизити вагу приблизно на 15% порівняно з цільним чавунним диском.

Композитні диски із чавуну та сталі (MB)

З 2014 р. Mercedes встановлює на престижні моделі диск з чавунною гальмівною поверхнею у поєднанні зі сталеву маточиною, з'єднаних механічно. Рішення, яке виробляє Brembo для оригінальної комплектації, дозволяє знизити вагу на 15%.

Диски Co-cast із чавуну та сталі (ринок автокомпонентів MB)

Дане рішення Brembo поєднує чавунну гальмівну поверхню зі сталеву маточиною за допомогою технологічного сплаву двох матеріалів зі зниженням ваги на 15% та збереженням експлуатаційних характеристик та естетики.

Диски eco-cast з чавуну та алюмінію

Рішення Brembo, що ще не надійшло в продаж, передбачає створення композитного диска (чавун для робочої поверхні і алюміній для маточини) методом лиття.

Диски dual-cast із чавуну та алюмінію (першого та другого покоління)

Диски першого покоління, призначені для гоночних і спортивних моделей, складаються з двох

частин: гальмівної поверхні з чавуну з високим вмістом вуглецю та алюмінієвої маточини, з'єднаних методом лиття, зі зниженням ваги приблизно на 20% і більшою еластичністю системи з метою зменшення деформації гальмівної поверхні по відношенню до маточини.

Диски другого покоління мають інше розташування сполучних штифтів між робочою поверхнею і маточиною, вони відрізняються кращою вентиляцією диска, більшою здатністю розсіювати тепло та стійкістю до термічних тріщин.

Плаваючі диски з механічним з'єднанням

Гальмівна поверхня з чавуну з високим вмістом вуглецю з'єднана з алюмінієвою маточиною за допомогою пружних втулок, які забезпечують високу еластичність системи, попереджаючи деформації та відповідну вібрацію.

Композитні диски зі сталі та нержавіючої сталі

Диски зі сталевую маточкою, механічно з'єднаною з гальмівною поверхнею з нержавіючої сталі. Використання сталі дозволяє зменшити товщину як гальмівної поверхні (макс. 8 мм), так і маточини (2,5 мм). Ступиця добре витримує температуру навіть у 600°C. Зниження ваги становить близько 30% порівняно з дисками із чавуну, а також збільшується термін служби дисків та колодок. Сталева маточина виготовляється методом штампування, а отвори та пази – вирубкою. Гальмівна поверхня виготовляється методом холодної вирубки нержавіючої сталі. Ці два компоненти потім збираються разом із завершальним шліфуванням опорної поверхні для відповідності необхідним допускам.

Цілісні диски з алюмінію

Мають деякі обмеження через проблеми, яких зазнає матеріал при температурах понад 400°C, і вимагають спеціальних колодок. Використання алюмінію дозволяє досягти зниження ваги, яке може сягати близько 40% порівняно з аналогічним чавунним диском.

Вуглецево-керамічні диски

Плаваючі диски, що передбачають використання вуглецево-керамічного матеріалу для гальмівної поверхні, зі зниженням ваги до 50% порівняно з чавунними дисками. Іншими перевагами цієї технології є відсутність термічних деформацій, високий та постійний коефіцієнт тертя і тривалий термін служби (більше 200 000 км).

Технології колодок: проект Lybra

Замість звичайних металевих пластин у гальмівних колодках проект Lybra передбачено використання пластин зі скловолокна. Така пластина штампується разом із фрикційним матеріалом у ході технологічного процесу, що суттєво відрізняється від застосовуваного на даний час для виготовлення гальмівних колодок і має наступні переваги:

- зниження ваги колодки приблизно на 30%,
- зниження теплопровідності, - усунення проблем, пов'язаних із корозією.

Йдеться про рішення, особливо придатне для задніх осей електромобілів, дерегенерація гальма тягне за собою менше використання диска, досягнення нижчих температур і менший знос.



Технології гальмівних супортів: напівтверда металообробка (Semi-Solid Metal Forming)

Так званий Semi-Solid Metal Forming – це технологічний процес, що дозволяє виготовляти супорти з вторинного алюмінію (одержується шляхом вторинної переробки алюмінієвих виробів), а не з первинного алюмінію (сплаву чистого алюмінію, що отримується в результаті переробки бокситової руди, гальмівних супортів), з двома основними цілями:

- **екологічність, з меншим впливом на довкілля завдяки використанню переробленого алюмінію,**
- **покращені механічні характеристики та менша вага супортів за рахунок меншої товщини при такій же механічній міцності.**

Технологія Brembo передбачає використання вторинного алюмінію, який плавиться за температури 650°C замість звичних 740°C. При цій температурі плавлення виходить алюміній у напівтвердому стані, що дозволяє уникнути утворення домішок: змішана напівтверда структура перетворюється в прес-формі на дрібнозернисту або глобулярну структуру для збільшення механічного опору гальмівного супорта. На даний час Brembo працює над застосуванням такої технології для первинного алюмінію з метою зниження маси супорту приблизно на 8%.



Фото. Система Brembo BBW (BrakeByWire)

Як зменшити кількість пилу, що виробляється гальмівними колодками

Мідь та інші метали, що осідають на дорогах внаслідок стирання колодок, є токсичними для деяких водних мікроорганізмів. З цієї причини в 2010 р. американські штати Каліфорнія та Вашингтон ухвалили законодавство, яке потребує зниження рівня вмісту міді та інших важких металів у гальмівних колодках, що продають або встановлюють у цих штатах. «Better Brake Rules» - місцеві правила, які могли б отримати глобальний резонанс: у цих двох штатах було визначено 3 різні категорії колодок за вмістом небезпечних металів, а починаючи з 2025 р. на їх території зможуть продавати лише колодки рівня N із відсотковим вмістом міді 0,5% від загальної маси фрикційного матеріалу.

Проект Cobra

Brembo у співпраці з інститутом Mario Negri, Italcementi та Connecting Ambition бере участь у проєкті Cobra, який використовує для зменшення кількості гальмівного пилу нову технологію, згідно з якою при виробництві гальмівних колодок традиційні фенольні смоли замінюють на новий матеріал з цементною основою.

Фенольні смоли складаються з фенолів і формальдегіду: формальдегід є летючою речовиною і тому становить велику небезпеку для людини за рахунок можливості попадання в організм через дихальні шляхи.

Нові матеріали на цементній основі повинні забезпечувати експлуатаційні характеристики, еквівалентні традиційним матеріалам, і відповідати високим стандартам якості в галузі найпотужніших спортивних автомобілів, але зі зниженими викидами тонкодисперсного пилу та впливом на довкілля. Крім зменшення кількості пилу при гальмуванні, новий процес дозволяє знизити енергоспоживання та витрати води під час виробництва. Новий склад вже сертифіковано за стандартом ECE-R90.

Електрифікація та автономне водіння

Крім скорочення викидів і пилу, останньою та дуже важливою тенденцією з погляду майбутнього автомобілів, а отже, і гальм, є електрифікація та автономне керування автомобілем.

Система Brembo BBW (BrakeByWire)

Система Brembo BrakeByWire є змішаною системою – електрогідравлічною спереду і повністю електричною ззаду, що застосовується на транспортних засобах з потужними передніми гальмами, в яких використовують великі фіксовані супорти, що не дозволяють встановлювати додаткові електричні компоненти на гальмівні супорти передніх гальм. Ця система складається з наступних компонентів:

- **педаль гальма з відповідним імітатором,**
- **один електричний блок керування для передньої осі та один для задньої,**
- **два електромеханічні супорти ззаду,**
- **два гідравлічні супорти спереду, керовані двома електроприводами.**

Принцип дії BBW

При натисканні на педаль гальма електричний імпульс передається на два електричні блоки керування, які розподіляють імпульс на задню та передню осі електричними проводами. Таким чином, у BBW відсутні сервогальма, головний циліндр та гальмівні шланги, якими рідина подається на супорти.

Пружинний амортизатор у створює «відчуття педалі», тобто відчуття традиційної педалі для водія. Залежно від величини тиску на педаль блок управління перетворює електричний сигнал на гальмівний момент, що подається до кожного колеса. Після визначення того, яке гальмівне зусилля необхідно додати до кожного мосту, блок керування кожного гальмівного супорта передає отриманий сигнал на відповідні колеса. Цей блок керування дозволяє також порізно регулювати гальмування кожного з двох коліс під час повороту.

Рішення для передньої осі передбачає схему, що відрізняється від схеми задньої осі, а саме гідравлічний привід, але з електричним керуванням. Електродвигун передає зусилля через систему зубчастих коліс та кривошипно-шатунний механізм (для збільшення тиску) на головний циліндр, який, у свою чергу, передає його на поршні супорта через рідину та гідравлічний контур.

Що стосується супортів, йдеться про плаваючі супорти, до складу яких входить електродвигун (виконавчий механізм). Супорти отримують команду від блоку керування, що у свою чергу отримав відповідну команду від натиснутої педалі гальма. Ця команда перетворюється на задане зусилля гальмування, розраховане з урахуванням тиску натискання на педаль. Після надходження на електродвигун супорта ця команда перетворюється на механічний тиск, що передається на циліндри та гальмівні колодки за допомогою зубчастих коліс та гвинта. За допомогою електричного пристрою керування, що не залежить від пристрою гальмування, електродвигун дозволяє також здійснювати блокування та розблокування стоянкового гальма.

Переваги BBW

Основні переваги BBW перед традиційною гальмівною системою полягають у наступному:

- **BrakeByWire перевершує наявні автоматичні гальмівні системи з точки зору гальмівного шляху.**
- **Можливість для водія вибирати різні налаштування гальмування та відчуття педалі.**

- **Перехід до рекуперативного гальмування відбувається плавно і впливає на відчуття педалі водієм.**
- **Відмінна працездатність навіть за умов екстремальних температур.**
- **Зниження викидів CO2 завдяки оптимізації використання гальм.**
- **Зниження витрат на технічне обслуговування, порівняно з традиційною системою.**
- **Автоматична адаптація розподілу гальмівного моменту за зміною навантаження на автомобіль.**
- **Можливість установки на автомобілі нових типів конструкції та ергономіки завдяки відсутності ряду компонентів, таких як сервогальма та головний циліндр.**
- **Спрощене перевстановлення, яке виконується шляхом простої зміни програмного забезпечення.**
- **Більш гнучке компонування та спрощення систем збирання та виробництва.**
- **Гальма, що підходять для системи автономного водіння на рівні 5.**

Розробка гальм майбутнього та вплив на ринок

Що слід брати до уваги при проектуванні гальм завтрашнього дня? Яким параметрам вони мають відповідати?

Проаналізуємо потреби автомобілів майбутнього з погляду гальмівних систем та, зокрема, рекуперативного гальмування, яке електромобілі активно використовують на додаток до традиційного гальмування тертям.

Рекуперативне гальмування в гібридних та електричних автомобілях

Рекуперативне гальмо дозволяє менш інтенсивно використовувати традиційні гальма в гібридних та електричних автомобілях. Тому передбачається можливість зменшення гальмівної системи та використання дисків меншого розміру. Тим не менш, гальма повинні забезпечувати максимальну ефективність навіть без рекуперативного гальмування, яке в певних умовах не може функціонувати через належну оцінку аспектів безпеки.

Крім цього, потрібно буде усунути шум, що створює гальмівна системи, через знижену шумність електромобілів.

Залишковий крутний момент, корозія, тертя і конструкція

Усунення залишкового крутного моменту є ще одним вирішальним аспектом, оскільки його наявність в електромобілі може поставити під загрозу енергетичний баланс системи, а отже, пробіг.

Більш того, той факт, що електромобілі рідше використовують фрикційні гальма, може призвести до надмірної корозії гальмівних дисків та колодок, а коефіцієнт тертя має бути стабільним, навіть якщо гальмівна система не використовується протягом тривалого часу.

З усього цього можна зробити висновок, що гальма для електромобілів вимагають спеціальної розробки, і це відкриває значний потенціал для інновацій у галузі запобігання корозії, фрикційних матеріалів та полегшеної конструкції.

Вплив на ринок

Більшість виробників на ринку останніми роками розширили асортимент моделей та типів двигунів, доступних споживачеві.

98% світового ринку, як і раніше, становлять автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння, у той час як частка електромобілів або гібридних автомобілів становить незначний відсоток. Хоч ми й не знаємо точно, наскільки виросте цей відсоток, ми знаємо, що це буде значне збільшення, яке призведе до ще більшої різноманітності та більшої диверсифікації моделей порівняно з тим, що є зараз.

Висновок

Підсумовуючи, нагадаємо основні фактори, що впливатимуть на авторынок майбутнього:

- **екологія, яка призведе до введення нових правил. При цьому ринки, що розвиваються, зроблять значний внесок у цю область,**
- **нові технології, електрифікація автомобілів, стратегічний вибір виробників та поява на ринку нових гравців,**
- **нове покоління користувачів, мережева взаємодія систем та новий рівень технологій у галузі автономного водіння.**

Ці зміни можуть відбутися дуже швидко, як це було у сфері комунікацій, коли ми за дуже короткий час перейшли від стаціонарного телефону до смартфона, від паперу – до комп'ютера, від газети – до Інтернету, від спілкування між людьми – до соціальних мереж. Все це сталося менш як за 15 років.

Зміни відбуваються швидко, коли ряд нових технологій зводиться до купи у створенні нових продуктів, тому компанії та професіонали повинні бути готові вловлювати ці зміни і слідувати за ними, а також вміти ними керувати за допомогою напрацьованих навичок, щоб скористатися новими ринковими можливостями.

Зрештою, найбільш важливим аспектом є знання і, як наслідок, здатність розробляти нові технології, потрібні ринку, також як фундаментальне значення матиме і можливість доступу до даних та інформації, здатність пропонувати нові продукти та послуги, цифровізація та професіоналізм і, насамперед, здатність та бажання вчитися та залишатися в курсі подій.

За матеріалами Brembo

Сучасна Автомайстерня" № 11-12 (157) 2021

Джерело: