

Предложенным методом выполнены определения элементного и фазового состава карбидных частиц в сплаве 0.45C–26Cr–33Ni–2Si–2Nb в исходном литом состоянии и после высокотемпературной выдержки при 1150 °С в течение 2 часов. Установлено, что в результате высокотемпературной выдержки происходит структурное превращение карбидов хрома $Cr_7C_3 \rightarrow Cr_{23}C_6$. Освободившийся в результате реакции углерод формирует мелкодисперсные вторичные карбиды хрома, в результате чего общий объем карбидных включений в структуре сплава при температурах эксплуатации увеличивается. Получены достоверные результаты элементного анализа дисперсных частиц за счет значительного повышения локальности определения. Установлена поликристаллическая природа частиц карбидов хрома и ниобия, как в исходном литом состоянии, так и после высокотемпературной выдержки.

Применение методов растровой двулучевой электронно-ионной микроскопии и просвечивающей электронной микроскопии дает наиболее полную и достоверную аттестацию структурного состояния дисперсных фаз в жаропрочных сплавах.

Список литературы

1. Garbiak M., Jasinski W., Piekarski B. Materials for Reformer Furnace Tubes. History of Evolution // Archives Of Foundry Engineering. – 2011. – V. 11. – Special Issue 2. – P. 47-52.
2. Рудской А.И., Орыщенко А.С., Кондратьев С.Ю., Анастасиади Г.П., Фукс М.Д., Петров С.Н. Особенности структуры и длительная прочность литого жаропрочного сплава 45X26H33C2B2 // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2013. – № 4 (694). – С. 42-47.
3. Орыщенко А.С., Кондратьев С.Ю., Анастасиади Г.П., Фукс М.Д., Петров С.Н. Особенности структурных изменений в жаропрочном сплаве 45X26H33C2B2 при температурах эксплуатации. Сообщение 1: Литое состояние // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Наука и образование». – 2012. – № 1 (142). – С. 155-163.
4. Орыщенко А.С., Кондратьев С.Ю., Анастасиади Г.П., Фукс М.Д., Петров С.Н. Особенности структурных изменений в жаропрочном сплаве 45X26H33C2B2 при температурах эксплуатации. Сообщение 2: Влияние высокотемпературной выдержки // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Наука и образование». – 2012. – № 2-1 (147). – С. 217-228.
5. Рудской А.И., Анастасиади Г.П., Орыщенко А.С., Кондратьев С.Ю., Фукс М.Д. Особенности структурных изменений в жаропрочном сплаве 45X26H33C2B2 при температурах эксплуатации. Сообщение 3: Механизм и кинетика фазовых превращений // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Наука и образование». – 2012. – № 3-2 (154). – С. 143-150.
6. Кондратьев С.Ю., Пташник А.В., Анастасиади Г.П., Петров С.Н. Количественная оценка содержания фаз в жаропрочных сплавах X25H35 // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2014. – № 2 (195). – С. 121-127.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Красневский Л.Г.

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
krasnevski_l@tut.by

Как известно, коэффициент полезного действия современных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) при преобразовании химической энергии топлива в механическую энергию не превышает 30%. И далее ее существенная часть теряется в процессе преобразования в тяговое усилие с помощью различных механизмов трансмиссии. Это значит, что в области глобальной технологии транспорта – одного из главных потребителей энергоресурсов – имеются значительные резервы повышения энергоэффективности.

Конец прошлого и начало нынешнего веков ознаменовались стремительным развитием технологии гибридных силовых установок (ГСУ) как эффективного средства снижения потребления жидкого углеводородного топлива (на 20 – 30% и более) и загрязнения окружающей среды. ГСУ содержит ДВС и автоматическую трансмиссию (АТ), включающую электропривод. За последнее десятилетие внедрение ГСУ стало главным направлением прогресса мирового автомобилестроения и привело к созданию принципиально новых конструкций автомобилей с ГСУ. В наших докладах на предыдущих конференциях [1, 2] были рассмотрены основные технико-экономические аспекты создания ГСУ, а также состояние и перспективы их применения в мобильной технике, выпускаемой машиностроением Беларуси.

Общепризнанным радикальным решением проблемы снижения потребления топлива являются силовые установки на водородных топливных элементах (ТЭ). КПД процесса получения энергии в ТЭ составляет 50% - вдвое выше, чем при сгорании топлива в ДВС. Для применения ТЭ также необходимы специализированные АТ, включающие электропривод, который дополнительно дает возможность рекуперации кинетической энергии автомобиля при торможении. Совместное использование трех этих новых технологий (ТЭ, тяговый электропривод, рекуперация) позволяет повысить в таких комбинированных силовых установках КПД использования химической энергии топлива до 75%. Однако для их массового применения необходимо создание глобальной инфраструктуры производства, хранения и доставки водорода.

Таким образом, можно утверждать, что роль АТ в повышении энергоэффективности силовых установок сопоставима с ролью самих ДВС. Ибо, наряду с повышением КПД самой трансмиссии, с ее помощью обеспечивается возможность работы ДВС с минимальным расходом топлива. Также известно, что только автоматическое управление силовым агрегатом (как двигателем, так и трансмиссией, особенно в ГСУ) способно в полной мере реализовать эту возможность.

В мировом автомобилестроении интенсивно ведутся НИОКР по совершенствованию классических и созданию новых конструкций АТ. Сегодня к основным типам массовых АТ, можно отнести [3]:

- многоступенчатые гидромеханические передачи (ГМП);
- бесступенчатые трансмиссии с клиноременными или тороидальными механическими вариаторами (БСТ);
- автоматизированные механические коробки передач (АМТ);
- гибридные электромеханические трансмиссии (ГЭМТ) в составе ГСУ;
- коробки передач (механические, гидромеханические, гибридные) с двумя сцеплениями на входе (ДСТ).

В развитии конструкций всех названных типов АТ в последние годы наблюдается чрезвычайная активность.

ГМП – в настоящее время самый совершенный и массовый тип АТ, в особенности в США, где их применение на легковых автомобилях приближается к 100%. В то же время именно они могут служить убедительным примером влияния на энергоэффективность. До энергетического кризиса 80-х годов прошлого века легковые американские «семейные» автомобили, имея трех-четырёхступенчатые ГМП с неблокируемым гидротрансформатором, расходовали много бензина, который тогда был дешев. Правительством США была поставлена задача – создать автомобиль с расходом не более 8,5 л/100 км, что в то время было фантастикой. После кризиса в конструкции ГМП был внесен ряд кардинальных усовершенствований для повышения КПД. Так, была введена автоматическая блокировка гидротрансформатора, число ступеней постепенно увеличилось с трех-четырех до пяти-шести, а в последние годы компании Мерседес (Цанрадфабрик), Тойота, Дженерал Моторс перешли на восьмиступенчатые (и, конечно, с блокируемым гидротрансформатором).

По сравнению с шестиступенчатыми ГМП это дает (с применением режима «старт-стоп») экономию до 27% – примерно такую же, как ГСУ. В результате по расходу топлива эти ГМП незначительно уступают механическим, что с лихвой компенсируется радикальным облегчением управления и сокращением сроков обучения, а также рядом других преимуществ. Следует отметить, что в последние годы эта тенденция охватила и ГМП для тяжелых грузовых и специальных автомобилей.

Неотъемлемый компонент ГМП – гидравлическая система охлаждения, которая создает соответствующие затраты мощности. Для их исключения за последние десять лет расширяется применение на легковых и легких грузовых автомобилях таких АТ, которые не имеют автономных систем охлаждения. Это АМТ и ДСТ.

АМТ имеют самый высокий КПД (до 95 – 97%). Но у них, как и у обычных неавтоматизированных механических коробок передач, при переключениях ступеней неизбежно происходит разрыв потока мощности. Это отрицательно сказывается на тяговых свойствах и ограничивает применение АМТ на машинах с тяжелыми условиями эксплуатации.

ДСТ («преселекторные» коробки передач) имеют два входных вала (как правило, концентричных), на которых установлены два сухих сцепления (или «мокрых» многодисковых фрикциона), что позволяет организовать переключения ступеней без разрыва потока мощности. Таким образом, они лишены указанного выше недостатка АМТ, сохраняя при этом высокий КПД. Это привело в последние два-три года к значительному росту производства ДСТ с выходом их на развозные и легкие грузовые автомобили. Прогнозируется дальнейшее быстрое расширение их применения в ближайшие годы, особенно в Европе и в Китае.

ГЭМТ в общем случае представляют собой помещенные в общий картере две обратимые электрические машины (мотор-генераторы - МГ) и планетарную или вальную АТ, образующие гибридную многопоточную многорежимную непрерывно-ступенчатую трансмиссию. Применяемые здесь высокофорсированные МГ имеют переменный КПД, зависящий от параметров рабочего режима. На рис. 1 показана зависимость КПД МГ известного автомобиля Тойота Приус модели 2010 г. от скорости и крутящего момента [4].

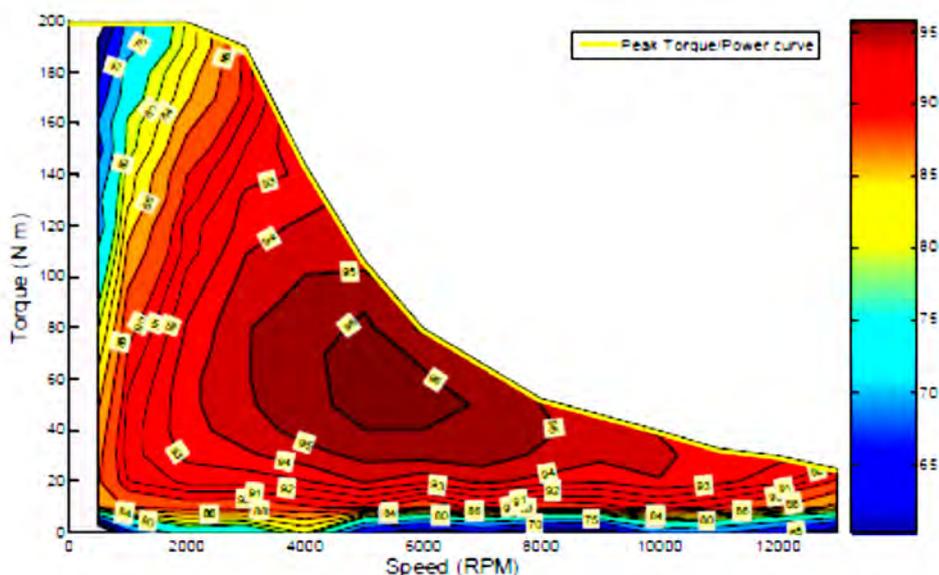


Рис. 1. Зависимость КПД мотор-генератора ГЭМТ автомобиля Тойота Приус модели 2010 г. от скорости и нагрузки [4].

На графике нанесены кривые равного КПД. Задачей системы управления ГЭМТ является удержание МГ в зоне максимально возможного КПД для любого режима, задаваемого оператором. Видно, что он меняется в широких пределах – от 95% до 60%. (речь не о ГСУ в целом). Примерно такая же картина имеет место и при регенеративном торможении с помощью МГ (рис. 2). Поэтому МГ требуют жидкостного охлаждения. Здесь как раз оказались полезны системы охлаждения ГМП: поместив безкорпусные МГ в общий картер с механизмами АТ, получили в тех же габаритах ГМП гибридную трансмиссию в прямом и переносном смысле, что кардинально решило проблему охлаждения электрических машин ГСУ.

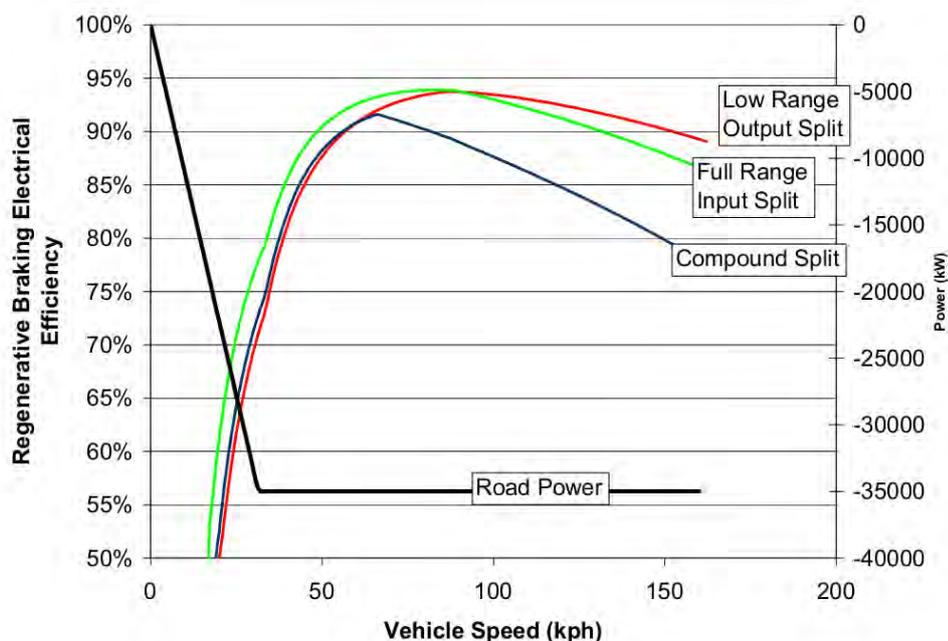


Рис. 2. Зависимость КПД регенеративного электрического торможения от скорости легкового автомобиля [5].

Из изложенного видно, что автоматические трансмиссии являются эффективным инструментом повышения энергоэффективности силовых установок с ДВС.

Список литературы

1. Красневский Л.Г. Технологии гибридных силовых установок – перспективные технологии производства автомобильной техники // Л.Г. Красневский / Перспективные технологии // под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ». 2011. - С. 166 – 186.
2. Красневский Л.Г. Новая технология гибридных силовых установок мобильных машин – гибридные электромеханические трансмиссии // Л.Г. Красневский / Перспективные технологии // под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ». 2013 г. – С. 302 – 317.
3. Красневский Л.Г. Состояние и перспективы развития автоматических трансмиссий мобильных машин / Л. Г. Красневский // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. Выпуск 1. - Минск, ГНУ «ОИМ НАН Беларуси», 2012. – С. 115 – 121.
4. Evaluation of the Toyota Prius hybrid Synergy Drive // ORNL/TM-2010/253
5. Hybrid Electric Vehicle Propulsion System Architectures of the e-CVT Type / John M. Miller // IEEE Transactions on Power Electronics. Vol. 21, NO. 3, May 2006.