

При наблюдении в сканирующем электронном микроскопе ЧВГ выглядит, действительно, закрытой структурой. Графит в микроструктуре чугуна сформирован в виде трехмерных вермикулярных частиц, придающих структуре графита кораллоподобный внешний вид.

СИЛА СУПЕРМЕТАЛЛА

Кто бы мог подумать, что мечта, зародившаяся в 50-х годах, станет революционным решением для автомобильной промышленности в 2005 г.? Фирма SuperCast, небольшая компания, задумавшая создание нового суперметалла CGI (чугун с вермикулярным графитом или ЧВГ), потратила многие годы на исследования, чтобы довести его до ума. Сегодня этот материал предназначен для достижения глобального успеха.

ЧУГУН, ОБЛАДАЮЩИЙ ВДВОЕ БОЛЬШЕЙ ПРОЧНОСТЬЮ по сравнению с чугуном, традиционно используемым для изготовления автомобильных двигателей, вот чего добилась фирма SinterCast, расположенная в г. Катриненхольм (Швеция). При таком скромном начале тем более ошеломительным стал успех – прорыв этой инновации на рынок промышленного производства.

«До сих пор наиболее ценным моментом для нас был заказ от фирм Ford и PSA, ставшими первыми компаниями, использующими в 2003 г. ЧВГ для массового производства, – отмечает С. Уоллес, руководитель технологического отдела фирмы SinterCast. – Можно полагать, что новый суперметалл ЧВГ внесет революционные изменения в производство легковых и грузовых автомобилей. Комбинация чугуна с магнием, добавляемым к нему в строго определенных пропорциях, позволяет получить металлы, идеальные для двигателей, которые должны выдерживать очень большие давления, например, дизелей. Их головки и блоки цилиндров изготавливаются теперь из ЧВГ».

Потребность в ЧВГ возникла еще в 50-х годах, но технологии, необходимые для его производства, были разработаны значительно позже. Основные исследования проводились с 1983 г., когда была

основана фирма SinterCast, и вплоть до 1991 г.

«Мы затратили много времени на исследования затвердевания чугуна. Вначале мы сконцентрировались на базовых исследованиях с тем, чтобы быть абсолютно уверенными в том, что в чугун было добавлено нужное количество магния для управления созданием ЧВГ. В настоящее время при серийном производстве мы следим обычно, чтобы количество магния на тонну чугуна не превышало 20 г», – объясняет С. Уоллес.

Для продолжения своих работ фирма SinterCast нуждалась в финансовых средствах и с этой целью была зарегистрирована на Стокгольмской фондовой бирже. Инновационные работы продолжались. Важное открытие было сделано в 1997-1988 гг., когда фирма SinterCast усовершенствовала свою технологию, заменив керамическую воронку стальным устройством для сбора образцов. Процесс сопровождался анализом расплавленного чугуна перед добавлением в него точного количества магния и модификатора.

«Разработка режущих инструментов для обработки ЧВГ была, разумеется, вызовом, поскольку этот материал обладает очень высокой прочностью. Мы знали, что пока не выйдем с приемлемым решением, новый материал не может быть исполь-

зован для промышленного применения», – отметил Уоллес.

В СЕРЕДИНЕ 90-Х ГОДОВ фирма SinterCast присоединилась к совместному проекту, в котором участвовало большое число фирм и предназначенному для дальнейшего продвижения знаний о ЧВГ и создания четких стандартов для инструментов, используемых при его обработке. Очевидные преимущества этого материала создали немедленный спрос на него, за которым через несколько лет последовал коммерческий прорыв, когда фирмы Ford и PSA Peugeot Citroën объединили усилия в создании 6-цилиндрового V-образного дизельного двигателя объемом 2,7 л и использовали в нем ЧВГ. В настоящее время двигатели с применением ЧВГ фирмы SinterCast установлены на 12 различных марках автомобилей и использованы в 6 автомобильных брендах. «Мы уже знали, что наш чугун работает. Это было просто подтверждение, – говорит Уоллес. – Для нас было важно, чтобы кто-то стал первым и начал использовать ЧВГ в массовом производстве. Тем самым мы смогли бы показать, что наш процесс работает и в крупносерийном производстве двигателей».

Он говорит, что вся компания, а в ней занято 11 человек, преимущественно



» квалифицированных инженеров, знала, что успех совсем близок. «Автомобилестроители поняли, насколько важен используемый материал. Всегда говорилось о консервативности автомобилестроителей, но в то же время все игроки на этом рынке заинтересованы в новых технологиях. У нас создалось впечатление, что в настоящее время большинство крупных автомобильных компаний проявляет интерес к ЧВГ».

Постоянный рост требований к охране окружающей среды в Европе и в других странах делает интерес к ЧВГ еще более сильным. Дизельные двигатели, в которых используется ЧВГ, могут работать при более высоких давлениях сгорания, что, в свою очередь, уменьшает выбросы в атмосферу. Уоллес проявляет оптимизм относительно будущего компании. «Я считаю, что дизельный двигатель займет

большую часть автомобильного рынка США, – говорит он. – Стоимость бензина растет, а требования к окружающей среде повышаются».

Однако потребность в ЧВГ не ограничивается только производством легковых и грузовых автомобилей. Она проявляется в любой отрасли промышленности, где ценятся малая масса и большая прочность материала. Фирма General Electric производит в настоящее время двигатель для поездов, отвечающий последним требованиям к защите окружающей среды. Головки цилиндров у него изготовлены из ЧВГ. К другим областям, в которых ЧВГ постепенно завоевывает признание, относятся изготовление поршневых колец для судов и компонентов для силовых генераторов. Уоллес добавляет, что возможности производства небольших двигателей с

использованием ЧВГ становятся более реальными по мере увеличения сложности конструкции грузовых и легковых автомобилей. Причина проста – меньший двигатель оставляет больше пространства для более сложной конструкции.

И все-таки главнейшей причиной нынешнего интереса к применению ЧВГ является характерное для многих стран постоянное ужесточение требований к охране окружающей среды.

Что бы произошло, если бы ЧВГ не вышел на рынок как раз тогда, когда начали расти требования к чистоте выделений? «Основная задача при разработке двигателя состоит в том, чтобы обеспечивать его большую мощность. Именно это и делает ЧВГ», – убежденно говорит Уоллес.

ТИМОТИ ТОР ХЕББ

ОТЛИЧИЯ МАТЕРИАЛА

● Новый CGI (чугун с вермикулярным графитом (ЧВГ) во многих отношениях является промежуточным материалом между ковким и серым чугуном. Графит внутри микроструктуры чугуна сформирован в виде трехмерных вермикулярных частиц, придающих структуре графита для ЧВГ кораллоподобный вид, очевидный при рассмотрении в сканирующем электронном микроскопе.

Морфология графита в ЧВГ, связанная со скругленными кромками и неравномерными поверхностями частиц вермикулярного графита, обеспечивает хорошие адгезионные свойства между графитом и чугунной матрицей. Такая форма графита препятствует возникновению и распространению трещин и является источником как повышенных механических свойств по сравнению с серым чугуном, так и повышенной теплопроводности по сравнению с ковким чугуном. В результате ЧВГ имеет вдвое большую прочность, чем алюминий.

По сравнению с серым чугуном у ЧВГ на 75 % более высокий предел прочности на разрыв и на 45 % более высокая жесткость. Хотя это делает материал более труднообрабатываемым, в настоящее время разработаны способы его эффективной механической обработки. При повышенных температурах усталостная прочность ЧВГ до пяти раз выше,

чем у алюминия. По сравнению с ковким чугуном ЧВГ обеспечивает превосходные литейные свойства, теплопроводность и обрабатываемость.

Все эти свойства ЧВГ способствуют получению эффективных решений для сложных деталей, подвергаемых повышенным механическим и/или тепловым нагрузкам, что открыло путь для применения отливок из ЧВГ в автомобильной промышленности. В частности, растет его применение в блоках цилиндров дизельных двигателей и головках блоков, где при повышающихся рабочих давлениях, когда требуется более чистые выделения, ЧВГ представляет собой также материал, для которого характерен низкий шум, благоприятствующий его применению в автомобильной промышленности. Это способствует разработке более легких и прочных компонентов, снижающих, например, вес автомобиля.

ЧВГ БЫЛО ТРУДНО получать в крупных промышленных объемах до тех пор, пока фирма SinterCast не разработала надежный процесс, при котором можно отслеживать образование частиц вермикулярного графита. Совсем не просто структурировать частицы графита, но именно количество этих частиц в чугунной матрице определяет все характеристики этого материала.



ФОТО: SINTERCAST

Система 2000 обеспечивает такое дружественное аппаратное и программное обеспечение, которое позволит литейному цеху независимо разрабатывать новый CGI

Количество магния, вводимого в ЧВГ, играет ключевую роль в том, будет ли получен графит в виде хлопьевидных образований, характерных для серого чугуна, или в виде шаровидных выделений, характерных для ковкого чугуна. ЧВГ – промежуточный материал между этими двумя типами чугунов. Важно избежать образования хлопьевидного графита, хотя некоторое количество шаровидного допускается.

Производство ЧВГ начинается на базе специального литейного чугуна, подлежащего соответствующей обработке. Количество первоначально введенного магния, остающегося после этой обработки,

должно быть в определенных, строго устанавливаемых пределах, или это изменит вторичную обработку. В онлайн-режиме проводится точный анализ поведения магния при затвердевании чугуна, а обработанный посредством модификаторов базовый чугун определяют с помощью термического анализа. Дело в том, что образование характерной для ЧВГ структуры графита происходит в относительно узких пределах кривой нагрева при дополнительной обработке.

Фирма SinterCast разработала специальную воронку для сбора образцов и термопару, с помощью которых можно измерять характеристики охлаждения образца массой 200 г. Это обеспечивает ускоренное измерение, используемое для активной коррекции и изменения режимов процесса литья. С помощью системы контроля процесса определяется необходимое количество магния и/или модификатора, которое автоматически добавляется в чугун.

Кооперация между фирмами Sandvik Coromant и SinterCast возникла в середине 90-х годов с целью выяснения обрабатываемости ЧВГ и оптимизации режущих инструментов и материалов. Важность оптимизации режущих инструментов и режимов резания ЧВГ так же важна, как и стоимость изготовления компонента в автомобильной промышленности.

ЭЛЕЙН МАККЛАРЕНС

«Для нас было важно, чтобы кто-то стал первым и начал использовать ЧВГ в массовом производстве. Это создало для нас прецедент, и мы могли показать, что наш процесс работает и в крупносерийном производстве при изготовлении двигателей».



«Мы затратили много времени на исследования за-
твердевания чугуна. Вначале мы сконцентрирова-
лись на базовых исследованиях с тем, чтобы быть
абсолютно уверенными в том, что в чугун было
добавлено нужное количество магния, которое
должно затем превратить обычный чугун в ЧВГ»,
— объясняет С. Уоллес, технологический директор
фирмы SinterCast.