

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДЫ УПРОЧНЕНИЯ ЧУГУНОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Покровский А.И.**

Физико-технический институт НАН Беларуси

Цель работы: изменить представления о чугунах как о низкокачественном материале для малоответственных изделий, исследовать особенности его структурообразования при деформации и термообработке и доказать его конкурентоспособность по сравнению с легированным стальным прокатом, расширить области применения.

Исследован комплекс характеристик серого, ковкого, высокопрочного и половинчатого чугунов в интервале температур 20-1150°C, на стандартных образцах и специальных технологических пробках.

С использованием моделирования и экспериментов показано, что пластическая деформация чугунов с включениями хрупких фаз цементита и графита является примером общего случая деформации гетерогенных материалов, в которых хрупкая фаза расположена внутри пластичной основы. Подтверждено, что наиболее важным фактором является использование схем деформирования близких к всестороннему сжатию, что позволяет пластически деформировать хрупкие фазы в структуре чугуна. Показано, что на практике данная схема наиболее эффективно реализуется в технологических процессах выдавливания и штамповки, которые позволяют достигать степени деформации до 80% и обеспечить получение изделий достаточно сложной формы с малыми припусками. Рекомендованы способы повышения пластичности чугуна за счет специальных методов литья заготовок, особых условий деформации, предварительной термической обработки и оптимизации химического состава.

Доказано, что необходимыми факторами, обеспечивающими, пластическое течение графита без разрушения являются два: 1) Использование схемы неравномерного всестороннего сжатия и наличие «подпора» (противодавления) на выходе деформированного прутка из матрицы. Это позволяет сблизить скорости истечения внутренних слоев прутка с наружными, тормозимыми за счет трения о стенки штамповой матрицы; 2) Наличие окружающей графит гораздо более пластичной оболочки в виде перлитной, а лучше перлитно-ферритной матрицы, причем наиболее благоприятным является случай, когда графит находится в ферритной оторочке.

Показано, что использование деформации для придания изделию требуемой формы не является самоцелью, более важной причиной использования деформации, является возможность существенно улучшить комплекс физико-механических характеристик чугуна.

Определены зависимости между структурой и свойствами чугунов после литья, деформации и термической обработки. Установлено повышение комплекса характеристик чугуна после деформации в 1,5 – 2,0 раза до уровня легированных сталей. Например, для высокопрочного чугуна после деформации и изотермической закалки достигнуты показатели предела прочности 1550 МПа,  $\delta=9\%$ . Исследованы особенности графитизации и кинетики бейнитного превращения в деформированном чугуне. Предложена концепция получения нового класса высококачественных чугунов, основанная на использовании литых заготовок с повышенной пластичностью, горячей деформации и специальных методов термообработки.

На основе компьютерного моделирования, металлографического и электронно-микроскопического анализа изучены особенности структурообразования на образцах из высокопрочного чугуна, подвергнутых горячему выдавливанию по прямой схеме с различными степенями деформации ( $\epsilon$ ). Численно промоделировано напряженно деформированное состояние структурных составляющих чугуна.

Представлены результаты сравнительных исследований фрактограмм высокопрочного чугуна в литом состоянии и после горячей пластической деформации. Доказано, что графитные включения в чугуне деформируются пластически и не разрушаются даже при больших степенях деформации (до 80-90%). Дробления включений до уровня порошкообразной субстанции не происходит, они остаются монолитными.

Впервые методом сканирующей электронной микроскопии представлена морфология поверхности деформированных графитовых включений. Изучен характер изменения формы и морфологии включений графита по мере увеличения степени деформации. При помощи метода электрохимического вытравливания и специально разработанных устройств, позволяющих избирательно растворять металлическую матрицу с постепенным «обнажением» поверхности включений наглядно продемонстрировано, как в аксонометрии выглядят деформированные включения графита.

Показан характер изменения структуры металлической матрицы по мере увеличения степени деформации от 0 (литое состояние) до 80%. Излом литого чугуна имеет смешанный характер и включает в себя как зоны хрупкого межзеренного излома с преимущественным разрушением по границам зерен (в большинстве случаев), так и с элементами пластической деформации ферритной составляющей. Излом деформированного чугуна также имеет смешанный хрупко-вязкий характер, но более мелкозернистый, в нем возрастает доля перлитной составляющей из-за ускоренного охлаждения на воздухе.

Получены и испытаны опытные образцы изделий из чугуна (шаровой палец, мелющее тело в форме шара, анкерный сошник, втулки (заготовки) для поршневых и уплотнительных колец. Результаты положительные.