

УДК 620.179

РЕШЕНИЯ СНИЖЕНИЯ КАРБИДНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ И УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ШТАМПОВОЙ СТАЛИ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ.

О.В. Бондарь, соискатель

Научный руководитель А.Н.Смирнов, д.т.н., профессор
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева г. Кемерово

В современном машиностроении все чаще используются высокопроизводительные процессы изготовления деталей холодным деформированием. Расширение области применения холодной штамповки объясняется более рациональным использованием металла, увеличением точности и повышением механических свойств металла.

Для штамповки в холодном состоянии сталь, из которой изготавливают штампы, обычно должна обладать высокой твердостью, обеспечивающей устойчивость стали против истирания, хотя и вязкость, особенно для пуансонов, имеет также первостепенное значение.

Многообразие операций холодного деформирования и расширение диапазона обрабатываемых материалов, вызвало определенную специализацию штамповых сталей. Так, ШСХД (штамповые стали холодного деформирования) для тяжело нагруженных штампов были разделены на три подгруппы – повышенной износостойкости, с усиленным сопротивлением смятию, а также повышенной вязкости.

ШСХД с повышенной износостойкостью выделилась как технологическая подгруппа в период, когда возросли необходимость деформирования конструкционных материалов повышенной прочности, и использование операций прессования и вязкости. Основой этой подгруппы явилась сталь X12. Износостойкие стали содержат 1,4 – 2,5% С, 11 – 13 % Cr, и небольшие количества молибдена, ванадия и вольфрама. Существуют, кроме того, композиции с 4 – 5% V, характеризующиеся наиболее высокой износостойкостью. Структуры этой стали имеют значительное количество избыточных карбидов, определяющих ее главные свойства. Однако неравномерное распределение карбидных частиц и их размеры обуславливают сравнительно низкие прочность, вязкость и повышенную анизотропию свойств[1].

Даже в обычных конструкционных, а тем более в инструментальных высокоуглеродистых сталях процессы карбидообразования являются решающими в вопросах работоспособности сталей и инструмента. При выборе обычных сталей, подвергаемых закалке, и необходимому отпуску для достижения нужных прочностных и вязко - пластических свойств, именно процессы карбидообразования имеют кардинальное значение.

Если в стали имеются не только вторичные, но и первичные карбиды, то очень важно распределение не только одних, но и других.

Вопросы карбидообразования, достижения равномерного однородного распределения карбидной фазы особенно важны для инструментальных высокоуглеродистых сталей, легированных в большом количестве сильными карбидообразующими элементами. Доля карбидных фаз различна по своей природе и морфологии (первичные, эвтектические, вторичные, эвтектоидные), различные по типу и с переменной легированностью.

При деформации карбидные частицы вытягиваются в продольном направлении и образуют полосчатость, которая характеризуется карбидным баллом. Карбидная неоднородность существенно снижает прочность и вязкость, сопротивление усталостной и контактной выносливости. Поэтому, ответственные детали должны иметь минимальную карбидную неоднородность. Высокохромистые инструментальные стали характеризуются повышенной хрупкостью. Их отличительная особенность – больше количество избыточных карбидов, расположенных, в зависимости от технологии получения металла, в виде строк, либо в виде в той или иной степени деформированной сетки. Отрицательное влияние оказывают крупные первичные карбиды, способствующие возникновению дефектов в виде трещин, сколов, несплошностей. Строчечное расположение карбидов и их скопления значительно ухудшают стойкость сталей. Изучение характера разрушения штампового инструмента холодного деформирования выявило, что во многих случаях причиной разрушения явилось наличие грубой карбидной неоднородности, в случае которой трещины проходили по карбидным строчкам. Скопления карбидов могут быть очагами выкрашивания, образования мельчайших трещин. Установлено, что при приложении знакопеременных нагрузок трещины зарождаются на границе раздела «карбид – матрица». Вероятность зарождения трещины тем выше, чем больше размеры карбидов и их количество, а также при отсутствии когерентности карбидов и матрицы[2].

Износостойкость инструмента зависит не столько от количества карбидной фазы, сколько от степени дисперсности карбидов. Карбиды должны быть мелкими и равномерно распределенными по структуре, во избежание трещин из-за грубых скоплений на границе раздела «карбид – матрица». Кроме того, при скоплении карбидов возникает вероятность того, что в контакт с обрабатываемым инструментом вступит не система карбид – вязкая матрица, а непосредственно карбид. Возможно выкрашивание и сколы на границе с инструментом.

Разрушение инструмента также может происходить в результате выхода карбидных строчек на рабочую поверхность инструмента. Выход крупных карбидов и их скоплений на поверхность приводит к их выкрашиванию из-за высокой твердости и большой хрупкости карбидов[3].

Рассматривая особенности легирования износостойких сталей, необходимо отметить, что стали X12 и X12BM принципиально не отличаются от сталей X12Ф1 и X12М по поведению при закалке и отпуске, за исключением

стали X12BM, которая проявляет склонность ко вторичному твердению. В результате повышенного содержания углерода в стали X12 (2,2 вместо 1,6 % в стали X12M и 1,4 % в стали X12Ф1) количество карбидной фазы увеличивается, и характер ее распределения ухудшается, с появлением крупных скоплений карбидов, что снижает прочность и вязкость, но увеличивает износостойкость. В последнее время применение стали X12 ограничено, и ее вытесняет сталь X12BM, в которой присутствие вольфрама и молибдена приводит к некоторому уменьшению размеров карбидов, и благотворно влияет на механические свойства. Также, пониженное содержание углерода уменьшает количество избыточных карбидов в сплаве

В стали X12Ф4М возрастает количество карбидной фазы за счет образования карбида MC (доля его составляет 4 – 5%). Присутствие ванадия благоприятно сказывается на характере структуры литой стали, значительно уменьшая количество скелетообразной эвтектики в виде сетки по границам зерен, и образуя частично веерообразную эвтектику более тонкого строения. Это одна из причин образования более мелких карбидных частиц в деформированной стали X12Ф4М, и достижения более высокой прочности, а также ударной вязкости по сравнению с X12 и X12BM.

Карбидную неоднородность можно понизить на 1 - 2 балла многократным уковом или гомогенизационным отжигом при высокой температуре нагрева до 1150 – 1250°C, когда избыточные вторичные карбиды растворяются в аустените. При высокотемпературном растворении избыточные карбиды перейдут в твердый раствор. Для предотвращения выделения карбидов по границам зерен необходимо ускоренное охлаждение до 600 – 700, которое эффективно для заготовок средних и малых сечений. Более радикальным решением является рациональный выбор состава стали с минимальным содержанием карбидов в крупных размерах штампов.

Таким образом, при проектировании технологического процесса изготовления штампового инструмента из сталей повышенной износостойкости, следует принимать во внимание следующие ключевые факторы:

1. Учитывать особенности влияния легирования высокохромистых сталей холодного деформирования. Благодаря содержанию вольфрама, молибдена и ванадия можно значительно улучшить характер карбидной неоднородности, и уменьшить её балл. Пониженное содержание углерода в стали уменьшает количество избыточных карбидов.
2. Многократный уков стали приводит к дроблению карбидной неоднородности, однако, при деформировании металла и дроблении карбидов механическим путем, измельчение карбидов происходит лишь в поверхностном слое.
3. Растворения избыточных вторичных карбидов можно достичь гомогенизационным отжигом при высокой температуре – 1150 – 1250°C, когда избыточные вторичные карбиды растворятся в аустените. Для

предотвращения выделения карбидов по границам зерен необходимо ускоренное охлаждение до 600 – 700, которое эффективно для заготовок средних и малых сечений.

Список литературы:

1. Позняк, Л. А., Скрынченко Ю.М., Тишеев С.И. Штамповые стали – М.:Москва, Металлургия, 1980 г. – 244 с.
2. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали. – М.: Москва, Металлургия, 1983 г. – 527 с.
3. Околович Г.А.. Штамповые стали для холодного деформирования металлов. – Барнаул: Изд – во АлтГТУ, 2010 г. – 202 с.