

нические свойства и механизм разрушения стали 12ГБА //Деформация и разрушение материалов. 2012, №10, с. 25 – 32.

3. Корзников А. В., Сергеев С. Н., Сафаров И. М., Галеев Р. М., Gladkovskiy S. V., Бородин Е. М. Влияние всесторонней изотермическойковки на структуру и свойства низкоуглеродистой стали 12ГБА //Письма о материалах. 2012, т. 2, с. 117 – 120.
4. Кузнецов П. В., Петракова И. В., Рахматуллина Т.В., Батулин А.А., Корзников А.В. Применение сканирующей теннельной микроскопии для характеристики зеренно-субзеренной структуры СМК никеля после низкотемпературного отжига//Заводская лаборатория. Диагностика материалов.-2012.- №4.
5. Слезов В. В., Рогожкин В. В., Осмаев О. А. Зернограничная сегрегация примеси в поликристаллах при доминирующем массопереносе комплексами //Физика низких температур. 1997, т. 23, №2, с. 218 – 232.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬЮ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ И ХРУПКОЙ ПРОЧНОСТИ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ НЕЕ МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ СВЁРЛ

А.А. КОТЕЛЬНИКОВА, А.А КОНДРАТЮК, В.П. НЕСТЕРЕНКО

Томский политехнический университет

email: nast-kotelnikova@yandex.ru

INVESTIGATION LINKS BETWEEN CRACK RESISTANCE OF RAPID STEEL AND BRITTLE STRENGTH PREPARED FROM THE SAME STEEL SMALL-SIZED DRILLS

A.A. KOTELNIKOVA, A.A KONDRATIUK, V.P. NESTERENKO

Томский политехнический университет

email: nast-kotelnikova@yandex.ru

***Annotation:** This article describes the methods of determining the characteristics of crack resistance of high rapid steel and the brittle strength made from her small-sized drills. Set correlation and determined the optimal heat treatment conditions for cutting tools*

Введение. С каждым днем происходит модернизация и изменения действующих технологических процессов. К новым конструкциями предъявляют жесткие требования, а именно какой конкретно конструкционный материал необходимо использовать. Важным критерием является несущая способность при снижении металлоемкости и одновременном увеличении производительности технологического процесса. Проблема использования высокопрочных сталей является их высокая чувствительность к хрупкому разрушению, происходящим при длительном или кратковременном приложении нагрузки. Встретить случаи хрупкого разрушения можно во всех областях промышленности, таких как, авиастроение, судостроение, машиностроение, нефтехимическая и газодобывающая промышленность. Трещиностойкость материала зависит от особенностей структуры, температуры испытания, рабочей среды и других факторов. Используя предложенную методику, можно установить степень влияния таких факторов как термообработка на изменение значения K_{Ic} и, следовательно, на работоспособность материала в конструкции в заданных условиях. Отсюда требуются глубокие исследования, а также подтверждение

практических методов определения трещиностойкости быстрорежущей стали и сопоставление этих данных с хрупкой прочностью, для определения наиболее прогрессивной технологии термической обработки данной стали. Для определения наиболее подходящей методики вычисления параметров трещиностойкости, были проведены замеры твердости по Виккерсу, для этого вдавливали алмазный индентор в поверхность образца при нагрузке 100 кг (рис.1). Напряжения созданные индентором определяются его формой и силой вдавливания. В зависимости от этих напряжений в стали Р6М5 проявились пластические деформации. Так как напряжения превышали предел упругости металла, то после снятия нагрузки на поверхности образца остались отпечатки.

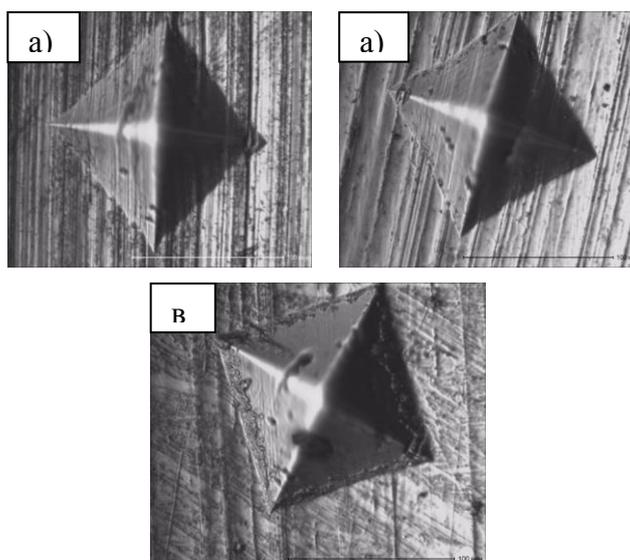


Рисунок 1 – Изображение образцов при различной термообработке после вдавливания алмазного индентора: а) без отпуска; б) однократный отпуск; в) трёхкратный отпуск

Известно, что чем меньше отпечаток, то тем выше сопротивление вдавливанию и тем большей будет твердость материала. Твердость стали Р6М5 представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Твердости стали Р6М5 по Виккерсу

100кг	Без отпуска	1 отпуск	3 отпуска
HV	815,1	730,8	720

Как видно из таблицы 1, что при и различных термообработках происходят изменения пластических свойств материала. Наименьшая твердость у образца с трехкратным отпуском, а следовательно пластичность данного материала будет выше. Так как материал имеет пластичность около 1-3% использование метода Палмквиста для определения K_{IC} является недопустимым, поэтому в данном исследовании используется методика определения характеристик трещиностойкости по ГОСТ 25.506-85.

В ГОСТ 25.506-85 описываются характеристики трещиностойкости при статическом нагружении, по результатам испытаний определяются силовые (K_{IC}), де-

формационные (δ), энергетические характеристики (J-интеграл). Трещиностойкость будет определяться по двум параметрам K_{Ic} и J-интеграл.

В ГОСТе 25.506-85 [2], посвященном, характеристикам трещиностойкости при статическом нагружении, рекомендуется определение силовых, деформационных и энергетических критериев разрушения. В качестве основных исследований рекомендуются испытания по определению критических значений коэффициентов интенсивности напряжений в условиях плоской деформации K_{Ic} и K_{Sc} . Если известна величина K_{Ic} для данного материала, то можно рассчитать величину J-интеграла. То есть по коэффициенту K_{Ic} и длине трещины можно найти энергетическую характеристику, и сопоставить значения J-интеграла и ломающей подачи, для определения наиболее оптимальной термической обработки. Расчет производился по формулам (1),(2),(3)

$$K_{Ic} = \frac{P}{t\sqrt{b}}Y \quad (1)$$

$$Y = 13,74\left[1 - 3,38\left(\frac{l}{b}\right) + 5,57\left(\frac{l}{b}\right)^2\right] \quad (2)$$

где, K_{Ic} – Коэффициент интенсивности

P-нагрузка приложенная к образцу

t,b –геометрические размеры экспериментального образца

l-длина трещины

$$J_{Ic} = \frac{(1-\mu)^2(K_{Ic})^2}{E} + \frac{A_{pc}}{(b-l)t} \times \frac{s}{k} \quad (3)$$

где, J_{Ic} – критическое значение J-интеграла

μ – коэффициент Пуассона;

E – модуль упругости при растяжении (сжатии);

K_{Ic} –трещиностойкость материала, определяемая по формулам (1),(2)

Для проведения данного эксперимента согласно ГОСТ 25.506-85[2] в качестве исследуемых объектов были спроектированы образцы прямоугольной формы толщиной 12,2 мм из стали Р6М5, а также изготовленные из этой же стали мелко-размерные сверла Ø5мм. Данные образцы и сверла подвергались закалке при температуре 1220 °С. Затем проводили отпуск при температуре 560°С. Для образцов финишной операцией были шлифовка и иницирующий надрез с помощью электро-эрозионного оборудования с толщиной режущей проволоки 0,2 мм. Химический состав стали приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав стали Р6М5

Марка стали	C	Cr	W	Mo	V	Co
Р6М5	0,82-0,90	3,8-4,4	5,5-6,5	4,8-5,3	1,7-2,1	<0,50

Образец закреплялся в специальных захватах, вначале выращивалась усталостная трещина (рис. 2) затем производилось его разрушение с регистрацией диаграмм изменения нагрузки на разрывной машине BISS.

Смещение берегов трещины не фиксировалось, так как расчет величины вязкости разрушения велся по максимальной нагрузке, и необходимости учета смещения берегов не было. Обработанные результаты экспериментов представлены на

рис. 3 из которого видно, что термическая обработка, в частности количество отпусков, существенно влияет на величину трещиностойкости исследуемых сталей.

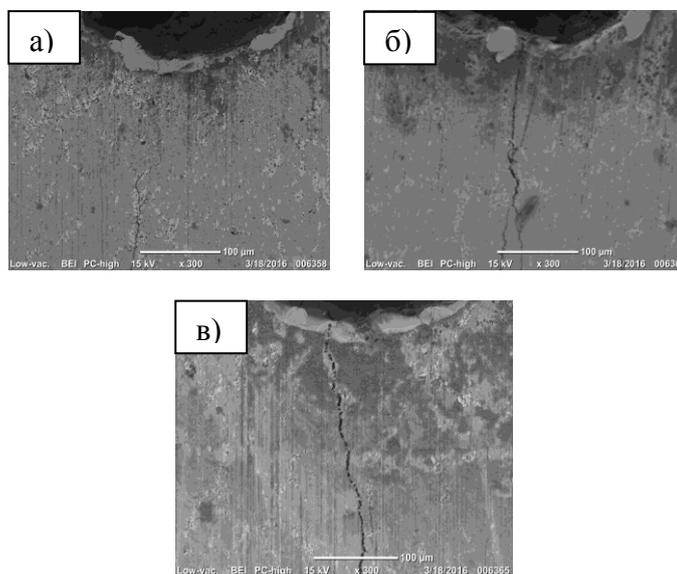


Рисунок 2 – Снимки усталостной трещины на РЭМ при x300: а) без отпуска; б) однократный отпуск; в) трехкратный отпуск

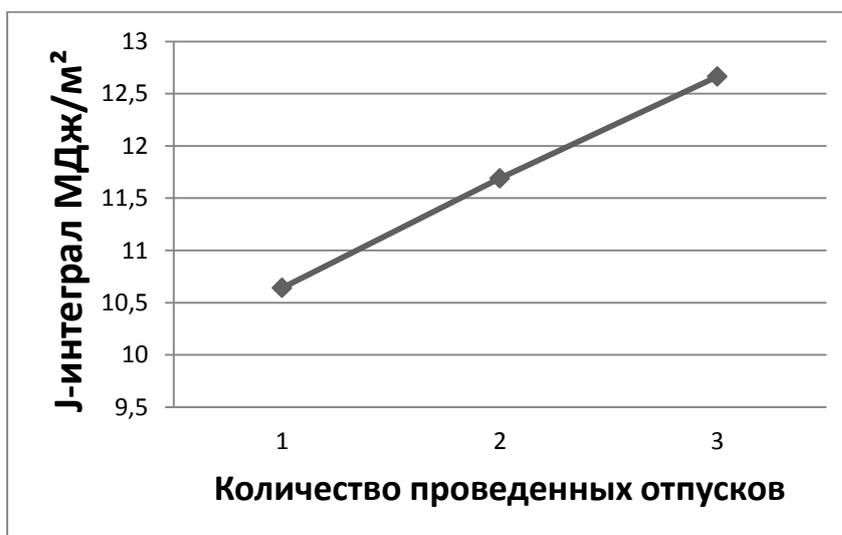


Рисунок 3 – График зависимости энергетической характеристики J-Интеграл от количества проведенных отпусков

Для сопоставления связи между характеристиками трещиностойкости быстрорежущей стали и ломающей подачи мелкогабаритных сверл были испытаны сверла Ø5 мм на вертикально-сверлильном станке модели 2Н135. В процессе испытания увеличивали подачу – скорость вхождения сверла в отверстие от минимального её значения до той величины, при которой происходит разрушение сверла. На каждой подаче сверлили одно отверстие. Чем выше подача, тем выше осевая сила, и соответственно выше вероятность хрупкого разрушения сверла. Скорость резания при испытаниях составляла – 15,70 м/мин. Поддачи (осевая скорость перемещения сверла

ла) изменялись в диапазоне и составляла 0,16 мм/об; 0,20 мм/об; 0,25 мм/об; 0,32 мм/об; 0,40 мм/об; 0,5 мм/об; 0,63 мм/об; 0,8 мм/об. На рис. 4 представлена зависимость величины ломающей подачи от количества проведенных отпусков.

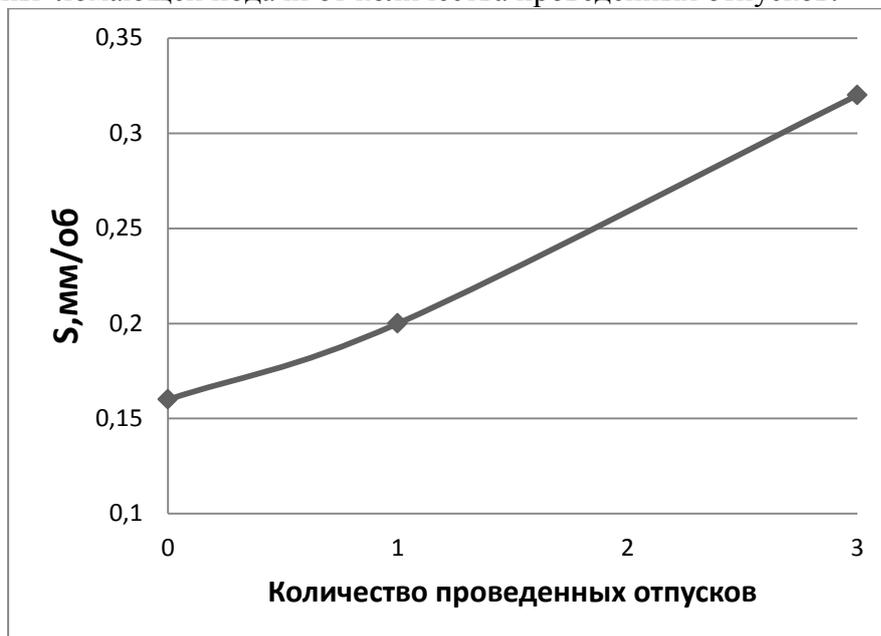


Рисунок 4 – Зависимость ломающей подачи от количества отпусков

Данный график показывает на то, что у свёрл с трехкратным отпуском наибольшая величина подачи, а следовательно максимальная хрупкая прочность. Из рисунка 3 и 4 следует, что наиболее оптимальной при термической обработке свёрл Ø5 мм является трехкратный отпуск. Он обеспечивает наиболее высокие прочностные характеристик для свёрл между критериями трещиностойкости (K_{Ic} и J_{Ic}), а также хрупкой прочностью свёрл имеется корреляционная связь. Последнее следует из анализа зависимостей представленных на рисунках 3 и 4. Для предварительной диагностики работоспособности мелкогабаритных свёрл, изготовленных из быстрорежущей стали вполне возможно использовать косвенный метод: испытание специально подготовленных образцов на трещиностойкость.

Список литературы

1. Горицкий В.М. Диагностика металлов. – М.: Металлургиздат, 2004.– 402 с.
2. ГОСТ 25.506-85. Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний материалов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. – М.: Изд-во стандартов, 1985. –62 с
3. Панасюк В.В. Механика разрушения и прочность материалов. Том 1 : Справ. Пособие. Киев. Наук. думка, 1988. – 488 с.
4. Герасимова Л.П., Ежов А.А., Маресев М.И. Изломы конструкционных сталей. М.: Металлургия, 1987. – 272 с.
5. Либовиц Г., Разрушение металлов, том 6. Пер. с англ. М.: Металлургия. 1976. – 496с. 6. Гуляев А.П., Гуляев А.А. Металловедение: Учебник для вузов. 7-е изд., перераб. И доп. М.: ИД Альянс, 2011. – 644 с.