

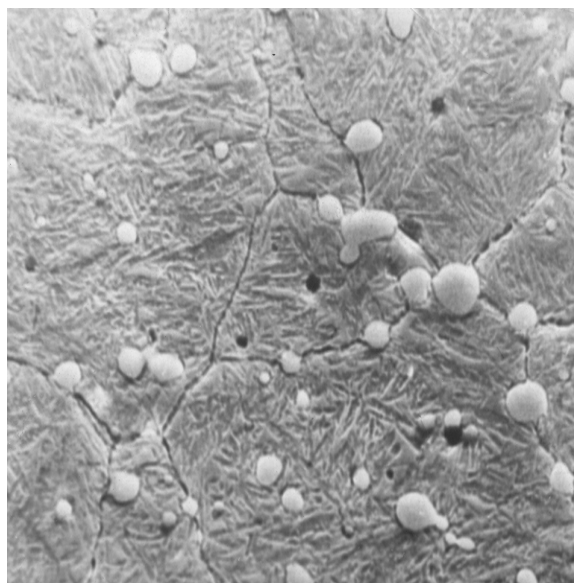
УПРОЧНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИМ МИКРОЛЕГИРОВАНИЕМ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

© 2006 А.П. Амосов, В.П. Киреев

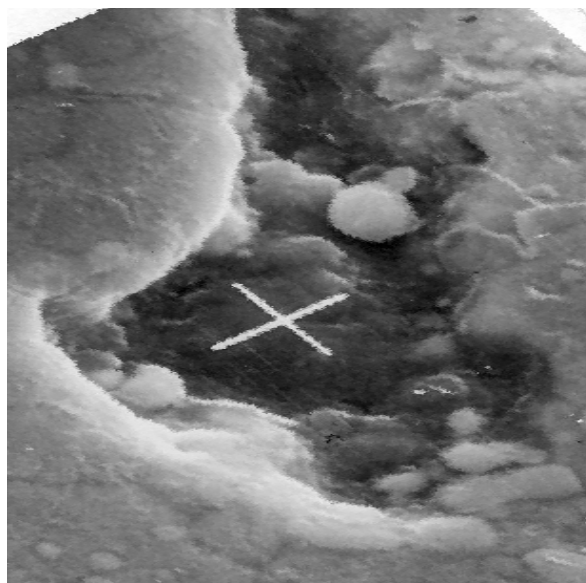
ОАО НПО «Поволжский Авиационный Технологический институт», г. Самара

Предлагается упрочнять режущую часть инструмента из быстрорежущей стали взаимодействием с заготовками режущей части высокоскоростной струи порошкового рабочего вещества – динамическим микролегированием. Структурные изменения, происходящие в материале режущей части, приводят к изменению физико-механических свойств быстрорежущей стали и улучшению режущих свойств инструмента.

Развитие конструкций двигателей и технологии механической обработки, в первую очередь, связано с применением высококачественных конструкционных материалов и прогрессивных режущих инструментов, изготавливаемых, в том числе, из быстрорежущих сталей. Анализ применяемости осевого режущего инструмента из быстрорежущих сталей (свёрл, зенкеров, развёрток, фрез и др.) по результатам обследования ряда предприятий авиадвигателестроения показывает, что приблизительно 84% инструментов, применяемых на предприятиях, имеют диаметр от 4 до 30мм. При этом износостойкость инструмента зависит от различных факторов, влияющих на процесс резания, определяющими из которых являются физико-механические свойства материала режущей части [1,2]. В настоящее время создан широкий спектр быстрорежущих сталей для различных видов инструментов, условий обработки и обрабатываемых материалов. Однако это сделано, в основном, за счёт увеличения легированности быстрорежущих сталей дорогостоящими (особенно в наше время) легирующими ингредиентами, такими как: вольфрам, молибден, ванадий, кобальт и др. [3]. Это приводит к сильному удорожанию быстрорежущих сталей, что настоятельно требует изыскания способов изготовления инструментов, обеспечивающих повышение его износостойкости. Одним из таких способов является обработка заготовок режущей части инструмента высокоскоростным потоком микрочастиц в сочетании с ударно-волновым нагружением – динамическое микролегирование (ДМ) [4].



а



б

Рис.1. Микроструктура стали P6M5
а-подвергнутой ДМ порошком карбонитрида титана и никеля $\times 2500$;
б - микроканал в стали P6M5 после ДМ $\times 5000$
Закалка от 1220°C , отпуск при 560°C

Такая обработка, за счёт проникновения микрочастиц размером $10...10^2$ мкм на глубину порядка $0 < H/R < 2 \cdot 10^3$ (рис 1 а и б), позволяет влиять на физико-механические свойства материала режущей части инструмента и тем самым на его износостойкость. Здесь H – глубина проникновения, R – радиус микрочастицы. В процессе ДМ образуется сеть микроканалов с плотностью $(6...7) \cdot 10^2$ мм², которая за счёт микропластических деформаций вносит микро-искажения в структуру материала, что после выполнения термообработки приводит к образованию микро-областей с повышенной плотностью внутренней энергии.

Рентгеноструктурный анализ показывает, что после термической обработки стали Р6М5 в её структуре определяется мартенсит, остаточный аустенит и карбиды типа Me_6C , причём количество остаточного аустенита с увеличением температуры закалки от 1160°С до 1240°С возрастает от 13% до 25% примерно одинаково как для образцов, подвергнутых ДМ, так и для контрольных. Но при последующем отпуске при температуре 560°С картина меняется. В образцах, подвергнутых ДМ, происходит интенсификация распада остаточного аустенита. Сканирование структуры зон, прилегающих к микроканалам, показывает, что в этих зонах имеет место перераспределение легирующих элементов (вольфрама, молибдена, ванадия). Их концентрация уменьшается обратно-пропорционально расстоянию от микроканала, образуя зоны с повышенной внутренней энергией. Наличие этих зон способствует повышению эксплуатационных свойств режущего инструмента.

Это дополнительно подтверждается определением прочности при статическом изгибе σ_u и ударной вязкости KC при ударном изгибе на образцах из закалённой и отпущенной быстрорежущей стали Р9К5. В отличие от рекомендованных прямоугольных [5] для испытаний на изгиб были изготовлены две партии шлифованных образцов диаметром 4 мм и длиной 55 мм, которые технологически изготовить было проще: одна партия прошла упрочняющую обработку ДМ порошковой смесью карбонитрида титана с никелем, а

другая, контрольная, была изготовлена без упрочнения из стали в состоянии поставки. Закалку и отпуск образцов, прошедших ДМ, и контрольных при различных температурах выполняли в одной садке, вследствие чего были обеспечены одинаковые условия нагрева и охлаждения.

При испытаниях на статический изгиб образцы устанавливали в приспособлении показанном на рис. 2, на опоры, расстояние между которыми составляло 40 мм, а нагрузку прикладывали на середине образца с помощью нажимного пуансона. Полость в приспособлении, в которой был помещён образец, закрывали прозрачной крышкой. Приспособление помещали на разрывную машину в устройство, которое предназначено для испытаний образцов на сжатие. Усилие фиксировали при разрушении образцов и рассчитывали по известной методике [5]. Результаты представлены на рис. 3 а. Как можно видеть, с увеличением температуры закалки значения σ_u монотонно убывают как для упрочнённых, так и для контрольных образцов, причём, с увеличением температуры отпуска снижение прочности происходит менее интенсивно и разность значений прочности уменьшается с увеличением температуры закалки.

При испытаниях на ударный изгиб для определения ударной вязкости KC была применена стандартная методика [6], но при этом, в отличие от предусмотренных ГОСТ, были использованы шлифованные цилиндрические образцы без надреза [5] диаметром 8 мм и длиной 55 мм. Как видно из графиков, ударная вязкость KC у стали, подвергнутой ДМ, несколько возрастает с увеличением температуры отпуска. С увеличением температуры закалки KC уменьшается у обеих групп образцов.

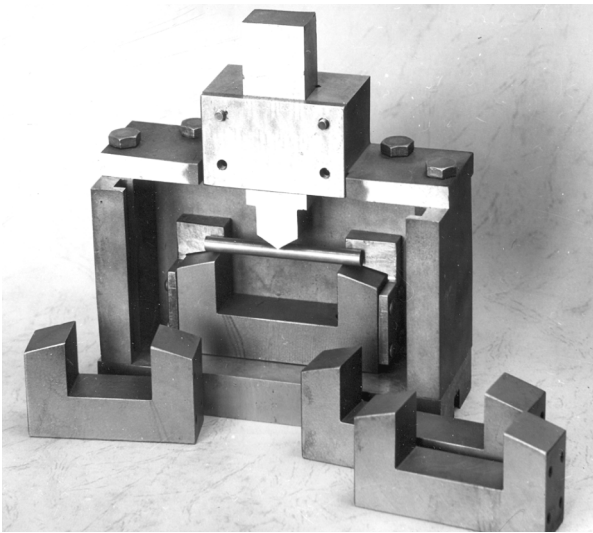


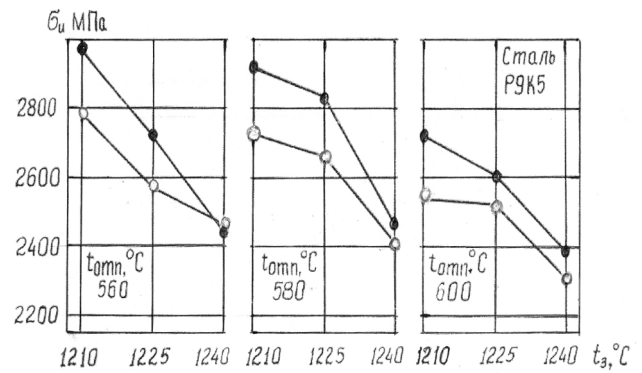
Рис.2. Приспособление для определения прочности $\sigma_{и}$ на образцах из закалённой быстрорежущей стали при статическом изгибе

Таким образом выявлено, что на прочность $\sigma_{и}$ и удельную энергию разрушения $KС$ существенное влияние оказывают режимы термообработки. ДМ смесью карбонитрида титана с никелем обеспечивает увеличение прочности при изгибе $\sigma_{и}$ и удельной работы разрушения $KС$ при испытаниях на статический и ударный изгиб приблизительно на 8% при закалке от температуры аустенизации 1210 °С и практически не влияет на величину $\sigma_{и}$ при закалке от температуры аустенизации 1240 °С (рис. 2 а и б).

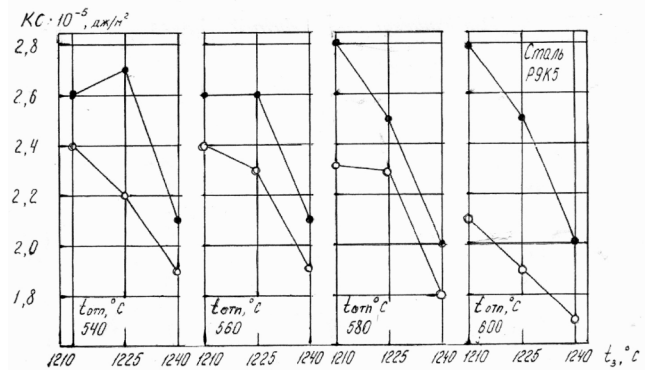
Для установления влияния упрочнения на эксплуатационные свойства быстрорежущих сталей были выполнены стойкостные исследования режущих инструментов, изготовленных из быстрорежущих сталей Р9К5, Р6М5К5, Р9М4К8. Для исследований были изготовлены свёрла диаметром 4,15 и 4,05 мм, фрезы диаметром 8,5 мм (рис 3) и резцовые вставки (резцы) диаметром 8 мм и длиной 15...20 мм в специальную державку сечением Н=25 мм и В=20 мм.

Для исключения влияния флуктуации различных технологических факторов при изготовлении инструмента все они были изготовлены в строго одинаковых условиях.

Термообработку контрольных и исследуемых инструментов



а



б

Рис. 3. Зависимость прочности $\sigma_{и}$ (а) при статическом изгибе и зависимость удельной работы разрушения $KС$ (б) от температур закалки и отпуска:

- – ДМ (карбонитридом титана с никелем) + закалка + отпуск; ○ – закалка + отпуск

выполняли в одной садке, что обеспечивало одинаковые температуры закалки и отпуска и давало возможность максимально снизить влияние неучтённых факторов.



Рис.4. Фреза диаметром 8,5 мм, сверла диаметрами 4,05 и 4,15 мм

При стойкостных испытаниях свёрл и фрез, подвергнутых ДМ порошковым составом на основе карбонитрида титана с никелем в производственных условиях установлено, что при сверлении отверстий в деталях из стали Х18Н10Т без охлажде-

ния на вертикально-сверлильном станке свёрла, изготовленные с применением ДМ, показали в 1,49 раза более высокую износостойкость по сравнению с контрольными, изготовленными по серийной технологии, а фрезы, изготовленные с применением ДМ, при фрезеровании на вертикально-фрезерном станке пазов в деталях из сплава ХН68МВТЮК-ВД с охлаждением эмульсией показали в 1,24 раза большую износостойкость по сравнению с контрольными.

Исследованиями износостойкости резцов при точении сталей Х18Н10Т и 4Х4ВМФС в диапазоне скоростей резания 10...120 м/мин выявлено повышение износостойкости инструмента при точении: стали Х18Н10Т - резцами из стали Р6М5К5 на 30...60%, резцами из стали Р9М4К8 на 40...80%, резцами из стали Р9К5 на 38...75%; стали 4Х4ВМФС – резцами из стали Р6М5К5 на 40%, резцами из стали Р9М4К8 на 100...150%.

Анализ логарифмических зависимостей стойкость-скорость $T^m \cdot V = C_v$ и температур в зоне резания показывает, что при одинаковой стойкости резцы, изготовленные с применением ДМ, имеют более высокую производительность, что также свидетельствует о повышении физико-механических свойств быстрорежущих сталей.

Таким образом можно утверждать, что динамическое микролегирование быстрорежущих сталей в совокупности с термообра-

боткой может быть использовано как эффективный метод повышения эксплуатационных свойств инструмента из быстрорежущих сталей и повышения производительности труда при обработке деталей из конструкционных материалов в авиадвигателестроении.

Список литературы

1. Строщков А.Н., Теслер Ш.Л., Шабашов С.П. и др. Обработка резанием труднообрабатываемых материалов с нагревом.- М.: Машиностроение, 1977. – 140с.
2. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. -М.: Машиностроение, 1982. – 320с.
3. Шишков В.Д., Кириченко Ю.И., Кулешова И.В. Современное состояние и тенденции развития материалов для режущего инструмента. Обзор. М.: НИИмаш. - 1980. – 68с.
4. Андиленко С.К., Роман О.В., Романов Г.С. и др. Сверхглубокое проникновение частиц порошка в преграду. // Порошковая металлургия. – 1985. - Вып. 9. -С.3 – 13.
5. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – М.: Металлургия. – 1968. -568с.
6. ГОСТ 9454 – 78 (СТ СЭВ 472 – 77, СТ СЭВ 473 – 77) Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах.

DYNAMIC MICRO ALLOYING STRENGTHENING OF HIGH-SPEED STEEL TOOL CUTTING PART FOR MACHINING OF AIRCRAFT ENGINE COMPONENTS

© 2006 A.P. Amosov, V.P. Kireev

It is offered to hard the machining tool be made of high-speed steel by interaction between a high-speed jet of working substance and steel - the dynamic micro alloying. Structural changes, occurring in steel, lead to increase of wear resistant of the cutter.