

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИТОЙ СТАЛИ Х6ВФ

В. С. ГОЛОВACHEВА, Н. А. ЕРОФЕЕВ

(Представлена секцией металловедения и термической обработки металлов
науч.-техн. конференции машиностроителей г. Томска 1967 г.)

В настоящее время некоторые виды режущего инструмента изготавливаются литьем. На Томском инструментальном заводе отливают в оболочковые формы заготовки деревообрабатывающих фрез из стали Х6ВФ. Изготовление фрез литьем уменьшает их стоимость более чем в 2 раза по сравнению с коваными. Стойкость же таких фрез не ниже стойкости фрез из кованой стали этого состава.

При изыскании оптимального режима отливки заготовок деревообрабатывающего инструмента определялись механические свойства литой стали Х6ВФ в различном состоянии в зависимости от содержания в ней углерода, вводимых модифицирующих добавок и температуры заливки жидкой стали в оболочковые формы.

Плавка проводилась на высокочастотной установке типа МГП-102А с емкостью тигля 150 кг. Температурный режим плавки и разливки стали является важным технологическим фактором, определяющим стойкость тигля, расход электроэнергии, строение, качество и прочностные свойства литых заготовок, поэтому ему уделялось большое внимание.

Для замера температуры жидкого металла использовалась термопара погружения ПР30/6. Замер осуществлялся как в тигле, так и непосредственно в ковше.

Химический состав стали Х6ВФ изменялся по содержанию углерода. Отливались и испытывались образцы из данной стали с 0,85; 1,0 и 1,3% углерода. Модификаторы добавлялись в сталь марочного состава в количествах: титана 0,15—0,3%, бора — 0,005—0,01 и 0,05%. Модифицирующие добавки вводились в виде крупки ферросплавов в струю жидкого металла при его разливке в ковши. Испытания механических свойств стали Х6ВФ проводились на пропорциональных образцах, согласно ГОСТу 1497-61, отливаемых в оболочковые формы. После отливки образцы подвергались абразивной зачистке для удаления литейных заливов и соответствующей термической обработке. С целью сравнения свойств литой стали Х6ВФ с кованой изготавливались образцы таких же размеров из проката этой стали.

При выполнении работы проводились замеры твердости и испытания на ударную вязкость и изгиб. Последнее является наиболее целесообразным и распространенным из всех прочих для решения большинства задач, требующих определения влияния химического состава и условий термической обработки на прочность инструментальных сталей.

При испытании на изгиб нагрузка прикладывалась посередине образца (сосредоточенный изгиб). Из-за неоднородности литой структуры и возможных колебаний механических свойств для каждой точки испытывалось по 4—5 образцов. Результат выводился среднеарифметический без учета больших отклонений по причине видимого дефекта литья (раковин, газовых пор, шлаковых включений, надрывов и пр.). Образцы испытывались в литом, отожженном, закаленном и отпущенном состояниях.

Отжиг образцов с различным содержанием углерода проводился по нескольким вариантам. Наряду с режимом отжига — 880°C с 8 часовой выдержкой проводился отжиг с 12 и 6-часовой выдержкой при этой же температуре и с 5 часовой выдержкой при температуре 750°C . Дальнейшее охлаждение во всех случаях производилось со скоростью $30\text{—}40^{\circ}/\text{час}$.

Результаты замеров твердости показали оптимальность первого режима отжига (880° — 8 час) для литого деревообрабатывающего инструмента из стали Х6ВФ. В зависимости от содержания углерода твердость стали повышается при одинаковых условиях отжига с увеличением количества углерода от 0,85 до 1,3% (рис. 1). В литом неотожжен-

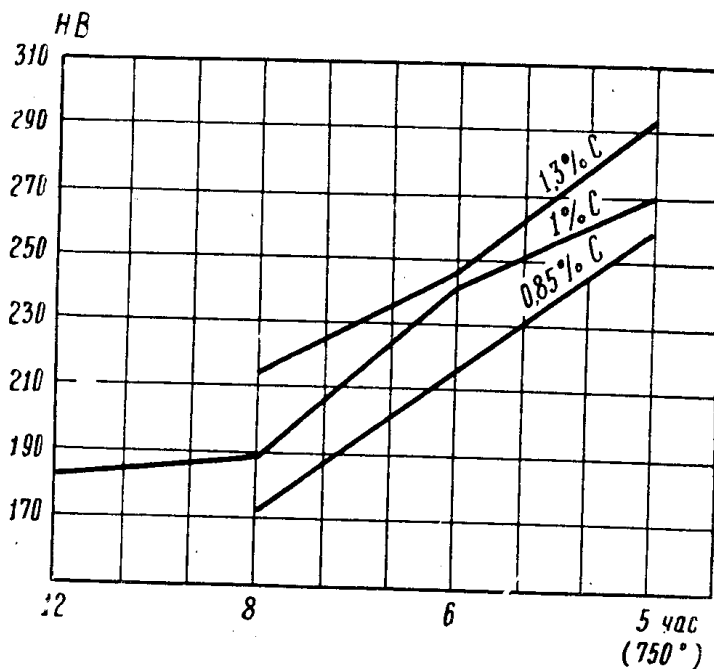


Рис. 1. Изменение твердости стали Х6ВФ в зависимости от времени выдержки при отжиге (880°C) и содержания углерода

ном состоянии такое повышение количества углерода значительно снижает твердость стали Х6ВФ, что является следствием увеличения количества остаточного аустенита в образцах, закалка которых совмещается с отливкой, поскольку данная сталь самозакаливается.

В закаленном состоянии образцы испытывались после закалки с температур 930, 950, 980, 1000, 1050 и 1100°C . В качестве промежуточной охлаждающей среды использовались каустик с температурой $400\text{—}420^{\circ}\text{C}$ или селитра с температурой $160\text{—}180^{\circ}\text{C}$. Окончательное охлаждение образцов производилось на воздухе.

Твердость как литых, так и кованных образцов изменяется в зависимости от температуры закалки (Рис. 2). Наибольшую величину твердо-

сти имеют образцы всех химических составов по углероду после закалки с 1050°C . Дальнейшее повышение температуры закалки до 1100°C ведет к снижению твердости из-за образования большого количества остаточного аустенита в структуре стали.

Твердость отпущенных образцов определялась в интервале температур отпуска от 200 до 600°C с часовой выдержкой. На каждую температуру отпуска брался свежезакаленный образец. Общей закономерностью как для кованных, так и для литых образцов стали Х6ВФ является снижение твердости с повышением температуры отпуска и уменьшением температуры закалки. Принятый за оптимальный режим отпуска (350°C —1 час) для деревообрабатывающего инструмента обеспечивает твердость до 58 ед по Роквеллу.

Наибольшую величину твердости имеют литые отпущенные образцы, закаленные с 1050°C (рис. 3).

Введение модифицирующих добавок при отливке фрез из стали Х6ВФ не оказывает существенного влияния на ее твердость во всех состояниях.

Результаты испытаний показали, что прочностные свойства литой стали Х6ВФ находятся в зависимости от температуры заливки жидкого металла в формы. На практике не всегда возможно измерение температуры стали с помощью термопары, поэтому для таких случаев могут быть полезными знания поведения стали Х6ВФ

в процессе плавки, установленные в результате практических наблюдений и замеров температуры. В зависимости от температуры жидкого металла в тигле и состояния его поверхности следует различать четыре периода в поведении жидкой стали, каждому из которых отвечает определенная макро- и микроструктура, а следовательно, и качество отливок.

Первый период соответствует нагреву стали до температур не выше 1480°C . В этот период поверхность жидкого металла быстро покрывается сплошной толстой пленкой окислов белого цвета. Идет холодная плавка стали.

Ко второму периоду можно отнести температуры 1520 — 1540°C . Окисная пленка на поверхности ванны очень тонкая с небольшим количеством отдельных темных пятен. Как при этих температурах, так и в первый период сталь не кипит.

В том случае, когда плавка ведется под толстым слоем шлака, возможен перегрев металла. Признаком его может быть прожог корки

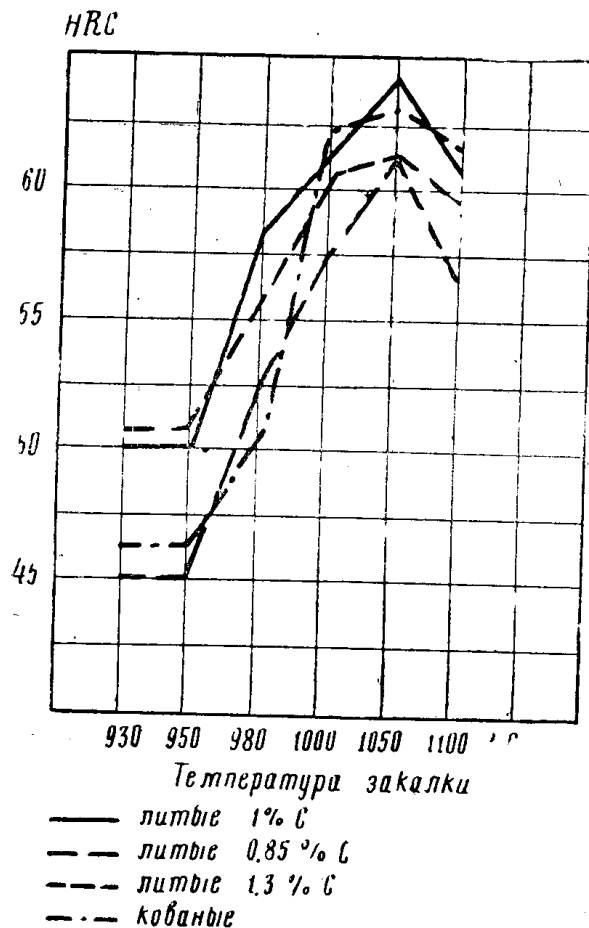


Рис. 2. Зависимость твердости стали Х6ВФ с различным содержанием углерода от температуры закалки

факелами выгорающих элементов, причем сталь начинает кипеть. Это наблюдается при температурах 1580—1600°C.

Последнему периоду соответствует температура 1600°C и выше, которая определяется интенсивным кипением металла и сильным искрообразованием.

Самые максимальные прочностные свойства имеют образцы, залитые с температур 1500—1540°C, что соответствует второму периоду

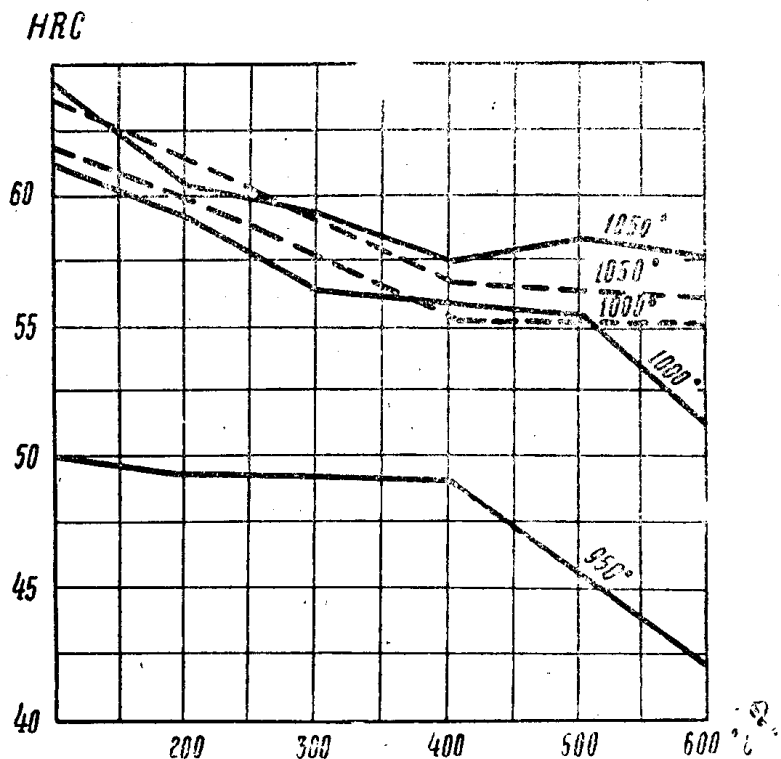


Рис. 3. Изменение твердости в зависимости от температуры отпуска и предшествующей закалки

Температура отпуска
 литые
 кованые

в процессе плавки. Повышение температуры заливки стали до 1580—1620°C ведет к снижению прочности за счет образования крупной структуры литой стали со столбчатой формой зерен. Снижение температуры заливки до 1420—1440°C способствует понижению прочности при изгибе из-за образования большой рыхлости в сердцевине образцов.

Испытания образцов, залитых с разных температур, в закаленном состоянии подтверждают установленную закономерность, которая характерна для всех исследованных температур закалки. Предел прочности при изгибе у образцов, залитых с температур 1500—1540°C, возрастает по сравнению с пределом прочности образцов, залитых с более низких или высоких температур, на 10—23% (Рис. 4). Условия охлаждения образцов с температур закалки также не изменили влияния температуры заливки металла на прочность (Рис. 5). (Применялось охлаждение в каустике с температурой 400—420°C с выдержкой 3—4 и 16 мин, в селитре с температурой 160—180°C с выдержкой 3—4, 16 мин и 3 часа).

Образцы, залитые с температур 1500—1540°C, имеют существенное преимущество по механическим свойствам перед остальными и после полной термической обработки. Предел прочности их при изгибе больше предела прочности образцов, залитых с низких и высоких температур, на 15—17% (Рис. 5).

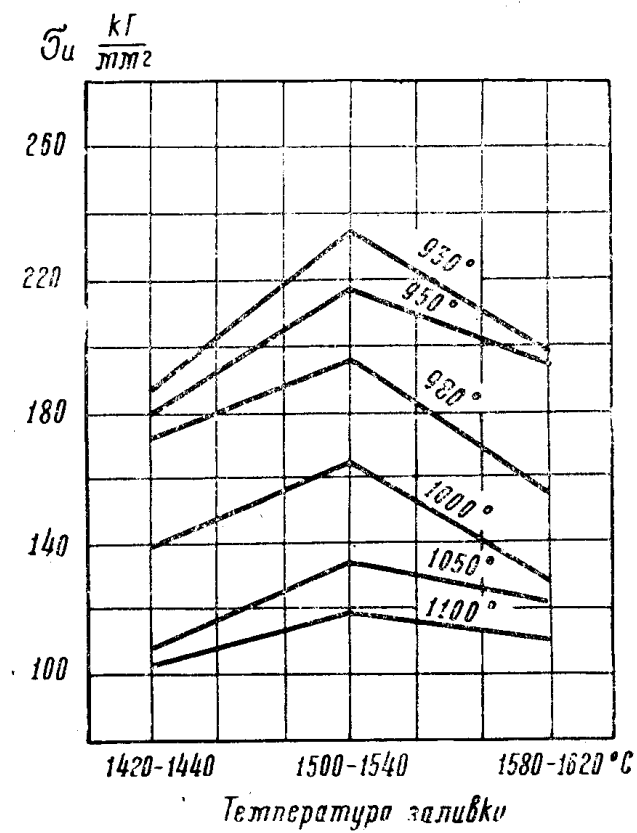


Рис. 4. Зависимость предела прочности при изгибе стали X6BF после закалки с разных температур от температуры заливки жидкой стали

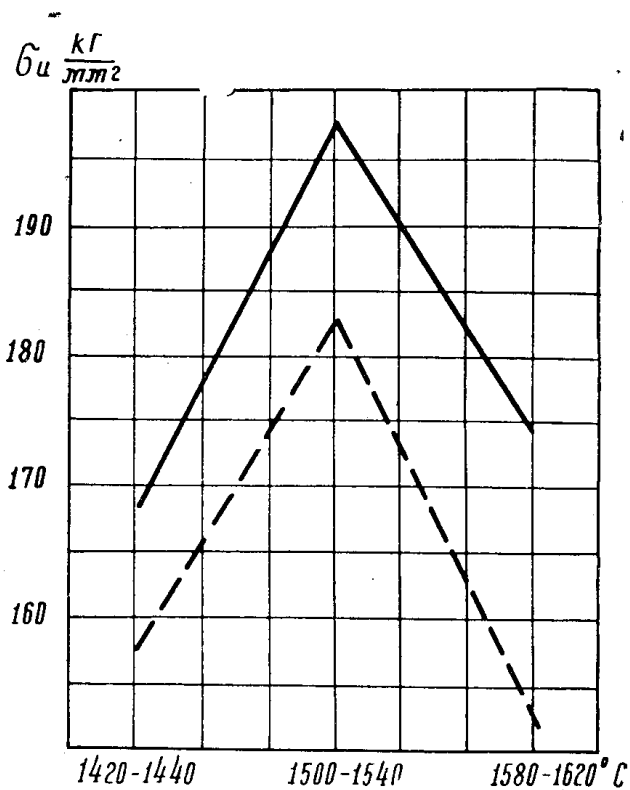


Рис. 5. Предел прочности при изгибе после полной термической обработки стали X6BF в зависимости от температуры заливки

Данные опытов показывают, что оптимальной температурой заливки стали Х6ВФ в оболочковые формы для получения максимальной прочности является температура 1500—1540°C. Эта температура металла должна поддерживаться в тигле за счет периодического подогрева стали во время разливки. Кроме того, для сохранения жидкотекучести обязателен прогрев ковша перед разливкой до температуры 800—900°C в случае отливки инструмента малого сечения и до 500—600°C при отливке крупных заготовок.

В зависимости от химического состава предел прочности при изгибе литой стали Х6ВФ во всех ее состояниях уменьшается с повышением содержания углерода от 0,85 до 1,3%. Подобным же образом на эту характеристику стали действует повышение температуры закалки (Рис. 6). Снижение прочности с увеличением температуры закалки и

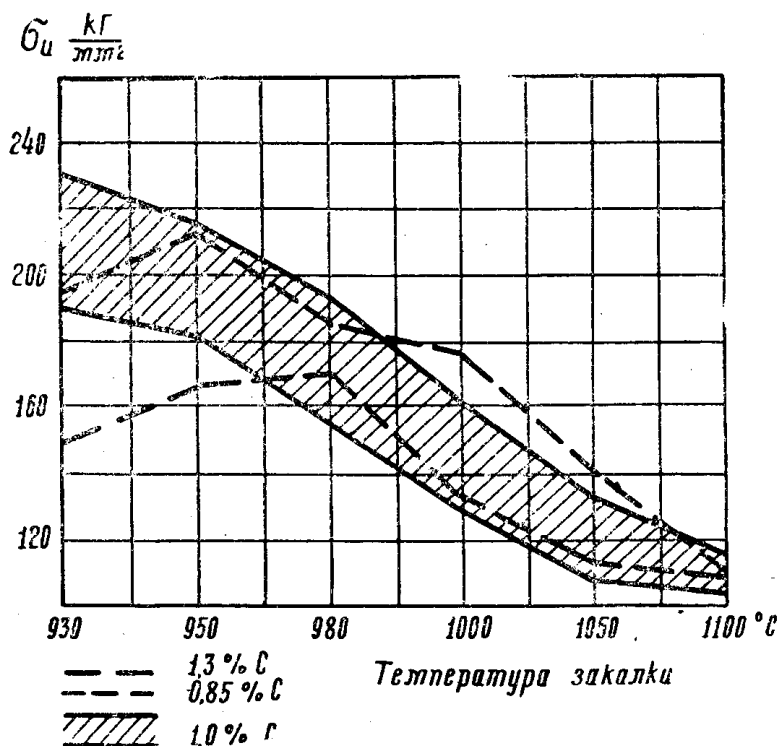


Рис. 6. Предел прочности при изгибе стали Х6ВФ в зависимости от содержания углерода и температуры закалки

количества углерода объясняется значительным ростом зерна, а также отрицательным действием возрастающего количества ледебурита и остаточного аустенита. Сравнение кованных образцов с литыми показывает, что последние имеют более низкое сопротивление изгибу после закалки со всех температур. По данным Бадаевой, прочность ковanej стали Х6ВФ начинает снижаться при увеличении количества остаточного аустенита сверх 15% и еще более резко при повышении его содержания свыше 50%. Подобная закономерность имеет место и у литой стали Х6ВФ, что находит подтверждение в снижении ее прочности при изгибе с увеличением количества углерода и повышением температуры закалки. После полной термической обработки прочностные свойства изменяются в зависимости от температуры отпуска (Рис. 7).

Введение в качестве модифицирующих добавок титана и бора в исследованных количествах оказывает значительное положительное влия-

ние на сопротивление изгибу литой стали Х6ВФ. Добавка титана способствует повышению ее прочности на 12—15% по сравнению с немодифицированной. Особенно значительное влияние он оказывает в количестве 0,3%.

Испытания стали с добавками бора показали, что в количестве 0,005 и 0,01% он повышает сопротивление изгибу стали после полной термической обработки на 10—15%. Введение бора в количестве 0,05% способствует снижению прочности из-за образования по границам зерен большого количества хрупкой эвтектической составляющей.

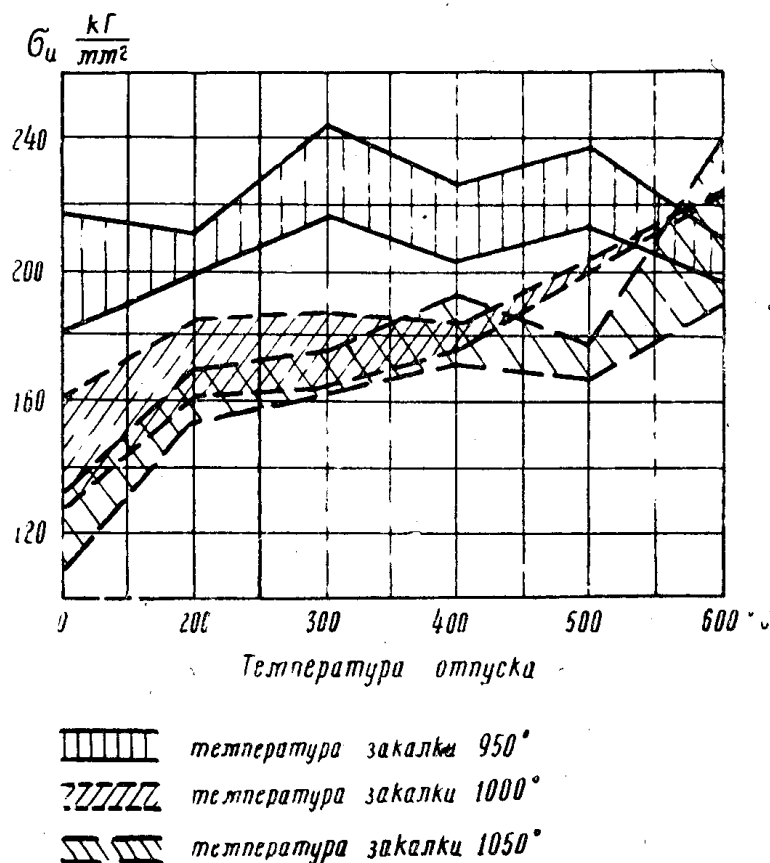


Рис. 7. Предел прочности при изгибе стали Х6ВФ в зависимости от температуры отпуска

Испытаниями на ударную вязкость литой стали Х6ВФ установлено, что эта характеристика снижается с повышением температуры заливки жидкого металла от 1420—1440 до 1580—1620°С. В литом и закаленном состоянии значения ударной вязкости стали колеблются в зависимости от химического состава по углероду в пределах 1 кГм/см². Полная термическая обработка повышает ударную вязкость литой стали Х6ВФ до 2—2,5 кГм/см². Величина ее растет с увеличением температуры отпуска и снижением температуры закалки.

Модифицирующие добавки в данном случае не оказывают существенного влияния.

1. Механические свойства литой стали Х6ВФ во всех ее состояниях находятся в зависимости от содержания углерода в ней, режимов термической обработки, температуры заливки жидкой стали в формы.

2. Оптимальной температурой заливки данной стали при производстве деревообрабатывающего инструмента является температура 1500—1540°С.

3. Модифицирующие добавки титана и бора оказывают положительное влияние на прочностные свойства литой стали Х6ВФ. За оптимальные приняты количества: титана — 0,15—0,3%, бора — 0,005—0,01%.