

ЛИТЫЕ ВЫРУБНЫЕ ШТАМПЫ И ИХ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

И. О. ХАЗАНОВ

(Представлено профессором доктором А. Н. Добровидовым)

Получение качественных заготовок для вырубных штампов определяется требованиями технологического характера, предъявляемыми к стали. Применяемая для заготовок сталь должна хорошо коваться, иметь достаточно высокую теплопроводность и равномерное распределение карбидов по всему объему.

Стали типа Х12, применяющиеся для изготовления рабочих частей штампов, имея высокую износостойчивость, не обладают, однако, в ряде случаев вышеперечисленными свойствами.

Ковка, как метод улучшения структуры стали, не всегда обеспечивает повышение стойкостных свойств штампов, потому что и послековки структура стали получается недостаточно однородной, полосчатой. Кроме того, особенно плохо проковываются заготовки для крупных цельковых матриц и в структуре этих заготовок очень часто наблюдается крупная карбидная сетка, достигающая порой 7—8 балла.

Обычно температура нагрева стали под ковку не должна превышать 1200°, перегрев до 1220—1250° приводит к оплавлению эвтектики и образованию трещин при ковке. При больших степенях обжатия мелких заготовок в структуре очень часто встречаются карбидные полосы, которые зачастую являются причиной выкрашивания режущих кромок штампов. Ковка заготовок крупных цельковых матриц практически изменяет структуру на небольшую глубину — 10—15 мм от края поковки. Как правило, на расстоянии 10—15 мм от поверхности к центру металла этих поволоков имеет литое строение с грубой карбидной эвтектикой.

В настоящей работе исследовались режимы термической обработки литых в кокиль вырубных штампов, которые в известной мере имеют преимущества перед кованными штампами по своей более однородной структуре.

Способ получения штампов отливкой в кокиль является новым. До сих пор детали штампов не отливались в кокиль, а существующая литейная технология не дает отливки с мелкозернистой структурой (отливка в землю, по выплавляемым моделям, в корковые формы).

Получение заготовок для штампов методом кокильного литья дает возможность получать мелкозернистую однородную структуру, а это повышает эксплуатационные свойства штампов. Литые заготовки применялись нами в качестве готовых пуансонов и заготовок для матриц

вырубных штампов без предварительнойковки. Получение заготовок отливкой дает возможность использовать отходы инструментальной стали и отработанных штампов при изготовлении штампового инструмента. Переплав отходов сохраняет до 90% дефицитной штамповой стали.

Опытная плавка стали велась на высокочастотной установке АЗ-43 в кислом тигле емкостью 2,5 килограмма. Поверхность расплавленного металла предохранялась от окисления обыкновенным стеклом. После полного расплавления шихты перед разливкой производилось раскисление алюминием из расчета 0,1% алюминия от веса плавки. Температура заливки (1440—1460°) замерялась оптическим пирометром ОППИР-09. В случае присадки титана температура стали при плавке поднималась до 1500°, сталь раскислялась алюминием, а затем вводился ферротитан. После расплавления ферротитана температура стали снижалась и производилась заливка стали во вращающийся кокиль непосредственно из тигля. Для предохранения тигля от растрескивания после окончания плавки в него засыпался песок, при этом тигель охлаждался более медленно и это предупреждало образование трещин. Нами производилась отливка пуансонов и заготовок для секторов сборных матриц во вращающийся кокиль, установленный на центробежной машине с регулируемым числом оборотов. Для защиты кокиля от разгара и оплавления стенок его рабочая поверхность опылялась маршаллитом, взвешенным в водном 0,5% растворе жидкого стекла при температуре кокиля 250—300°. Желательно после опыления покрывать рабочие поверхности кокиля слоем сажи (законтировать под бензиновым пламенем)—это повышает качество отливок. Заливка производится в подогретый до 200—250° кокиль. Полученные отливки подвергаются отжигу.

Для определения процента угара легирующих элементов в стали были проведены опытные плавки.

В таблице даны средние из нескольких плавков данные.

Т а б л и ц а

№ плавков	C, %	Cr, %	Mn, %	Si, %	V, %
До переплавки					
1	1,55	11,7	0,40	0,56	0,66
2	1,60	11,26	0,44	0,36	0,96
После переплавки					
1	1,53	11,2	0,39	0,52	0,62
2	1,58	11,2	0,40	0,34	0,92

Как видно из таблицы, исходная сталь до переплавки соответствует по своему составу стали марки Х12Ф1. Судя по результатам переплавки, в случае быстрого расплавления шихты (20—30 минут), угар незначителен.

В результате проведенных химических анализов большого числа плавков оказалось, что без подшихтовки после первого перепада все полученные заготовки соответствовали среднему составу между Х12Ф и Х12Ф1. Содержание ванадия во всех плавках колебалось от 0,40 до 0,65%. Следовательно, первый перепад стали можно производить без подшихтовки.

Для измельчения структуры в сталь всех плавов вводилось 0,27% титана. По данным анализа содержание титана во всех плавках колебалось в пределах 0,12—0,16%.

Из литых заготовок на заводе были изготовлены штампы, прошедшие производственные испытания. Все прошедшие испытания штампы показали стойкость между переточками значительно большую по сравнению с заводскими.

Литые штампы испытывались на вырубке роторного и статорного железа для электрических двигателей.

Например, стойкость между переточками доходила до 33 тысяч высеков, что превышает стойкость между переточками заводских штампов, выполненных из ковanej стали примерно в три раза.

По результатам работы штампов из литых заготовок можно с уверенностью сказать, что они вполне могут конкурировать с коваными штампами. Дальнейшая отработка технологии литых штампов и возможность изменения химического состава стали при литье могут значительно повысить общую стойкость штампов.

Судя по результатам заводских испытаний, можно сделать вывод, что литые заготовки для вырубных штампов найдут свое применение в инструментальных цехах заводов.

Однако следует заметить, что стойкость штампов из литых заготовок в большой степени зависит от правильности выбора режимов их термической обработки. Исходя из этих соображений, нами были подобраны режимы термической обработки отлитых в кокиль заготовок из стали X12Ф1Т, которые отличаются от режимов термической обработки ковanej стали, применяющейся для изготовления штампов на заводе.

Отжиг литой стали

Так как после отливки заготовки подвергаются механической обработке, то необходимым требованием является хорошая обрабатываемость резанием. Твердость отлитой в кокиль заготовки колеблется между 45—50 НRC.

Отливкой в кокиль трудно получить готовую деталь (сектор матрицы) с минимальными припусками на шлифовку и высокими механическими свойствами. Особенно важно получить хорошую ударную вязкость.

Известно, что отжиг улучшает механические свойства литой стали.

Для штампового инструмента, работающего с ударными нагрузками, даже небольшое повышение ударной вязкости весьма ценно. Нами при отжиге литых заготовок преследовались две цели:

1. По возможности изменить строение ледебуритной эвтектики с целью ее раздробления и сфероидизации.
2. Понизить твердость литой стали до 217—250 НВ с целью улучшения ее обрабатываемости.

Из этих соображений нами было исследовано три режима отжига литой стали, которые сведены в график на рис. 1.

Твердость заготовок после отжига:

- по первому режиму $HV=258 \text{ кг/мм}^2$,
- по второму режиму $HV=241 \text{ кг/мм}^2$,
- по третьему режиму $HV=241 \text{ кг/мм}^2$.

После отжига производился сравнительный анализ микроструктур, полученных при разных режимах. Из сравнения этих микроструктур оказалось, что отжиг по первому режиму совершенно не изменил строения ледебуритной эвтектики; ледебуритные карбиды совершенно не сфероидизировались. При втором и третьем режимах отжига карбидная

сетка оказалась раздробленной, карбиды сфероидизировались, что привело к снижению твердости до $HV=241 \text{ кг/мм}^2$ (рис. 2). Преимущества стали, отожженной по второму и третьему режимам, были очевидны. Наиболее рациональным в производственных условиях следует считать для отжига литых заготовок второй режим, так как для него нет необ-

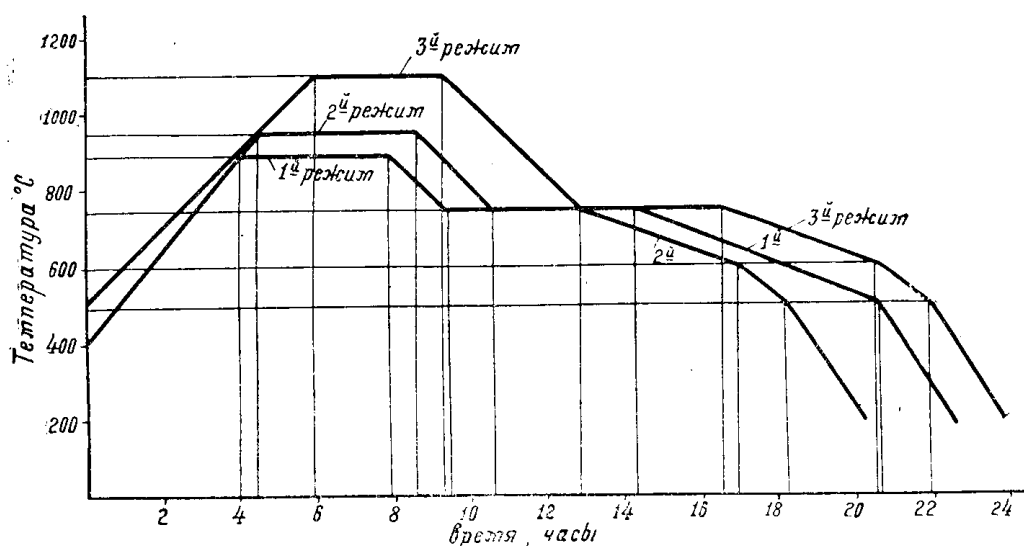


Рис. 1. Режимы отжига литой стали X12Ф1Т.

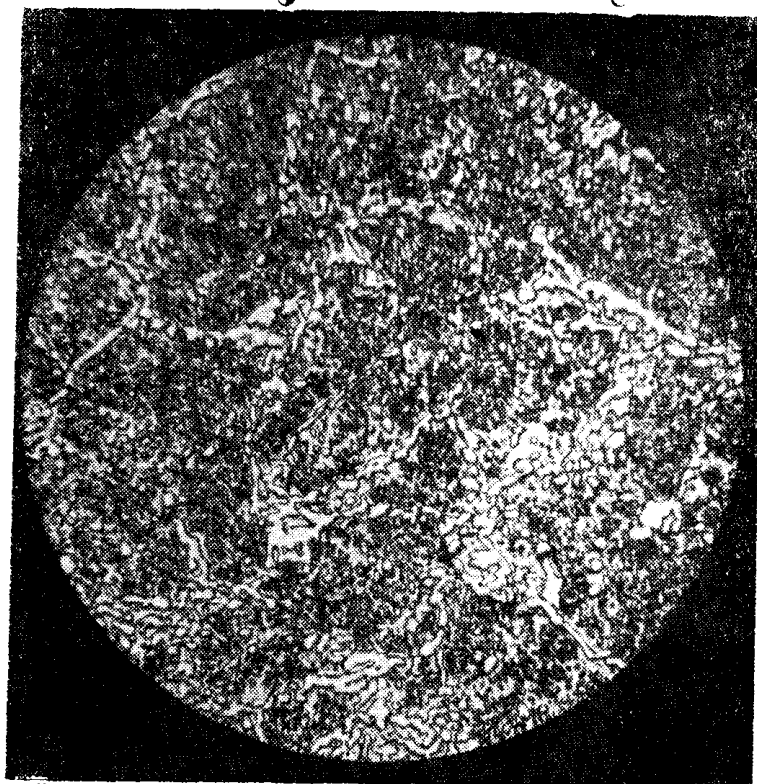


Рис. 2. Микроструктура стали, отожженной по второму режиму.

ходимости применять высокотемпературные печи. Что касается разницы в твердости отожженной ковanej и литой стали аналогичного химического состава, то она всегда будет иметь место, так как в литой стали отжигом не удастся устранить скелетную ориентацию карбидной эвтек-

тики даже при достаточно высокой температуре сфероидизации. Поэтому первичные эвтектические карбиды литой стали, имеющие направленную (относительно стенок кокиля) ориентацию, повышают твердость на 15—20 НВ по сравнению с ковальной сталью. Повышенную твердость после отжига отлитой в кокиль стали можно объяснить меньшей способностью деформироваться эвтектической составляющей в стали, служащей как бы арматурой, воспринимающей на себя нагрузку при вдавливании индентора. Это же свойство эвтектики в литой стали может, очевидно, являться причиной повышения стойкости по сравнению с ковальной.

Закалка литой отоженной стали

Нагрев образцов производился в высокотемпературной силитовой печи в интервале температур от 900 до 1200°. Образцы закачивались в масле.

При анализе результатов закалки образцов литой стали оказалось, что закалка с 900° не дает достаточной твердости, так как при данной температуре мала растворимость карбидов в аустените. Микроструктура стали, закаленной с 900°, состоит из скрытокристаллического мартенсита, карбидной эвтектики, местами видны нерастворившиеся вторичные карбиды.

Закалка с температур в интервале от 950 до 1050° дает резкий скачок в повышении твердости, причем максимальная твердость получена при закалке от температуры 1000°. Изменение твердости в зависимости от температуры закалки видно на рис. 3. Микроструктура такой стали состоит из скрытокристаллического мартенсита на фоне остаточного аустенита и карбидной сетки.

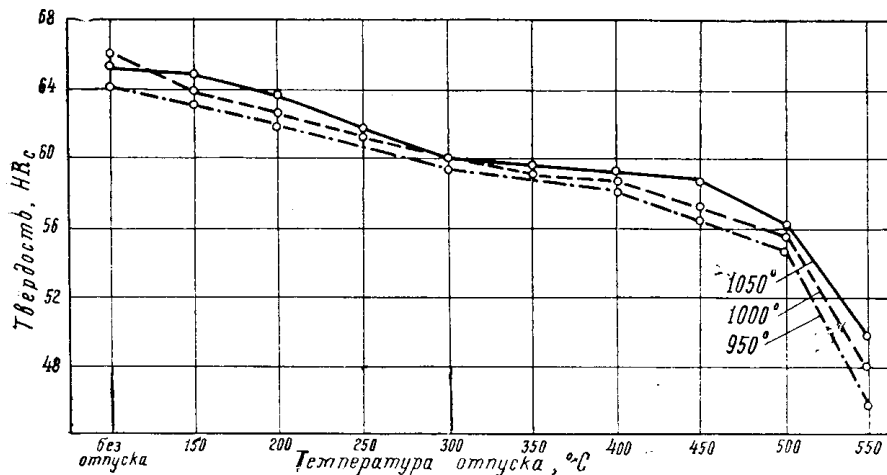


Рис. 3. Твердость литой стали X12Φ1Т в зависимости от температуры закалки и отпуска.

Дальнейшее повышение температуры нагрева приводит к снижению первичной твердости и к проявлению эффекта вторичной твердости, свойственного сталям данного типа.

При определении оптимальных температур закалки на вторичную твердость нами было отмечено, что отлитая в кокиль сталь даже при нагреве до температуры 1200° не дает значительного увеличения аустенитного зерна при закалке.

Можно отметить, что интервал закалочных температур для получения вторичной твердости для данной стали может быть расширен до 1180°, однако, при этом следует рационально подбирать время выдержки образцов при данной температуре, исходя из их размеров. Уве-

личение времени выдержки при нагреве под закалку равносильно перегреву.

Структура закаленной от 1200° стали представляет собой остаточный аустенит, окруженный тонкой эвтектической составляющей.

Оптимальной температурой закалки на вторичную твердость, отличной в кокиль стали Х12Ф1Т следует считать $1150\text{—}1180^{\circ}$ и отпуск 550° . Такие режимы дают твердость, равную 62—63 HRC, что обеспечивает хорошую стойкость инструмента (рис. 4).

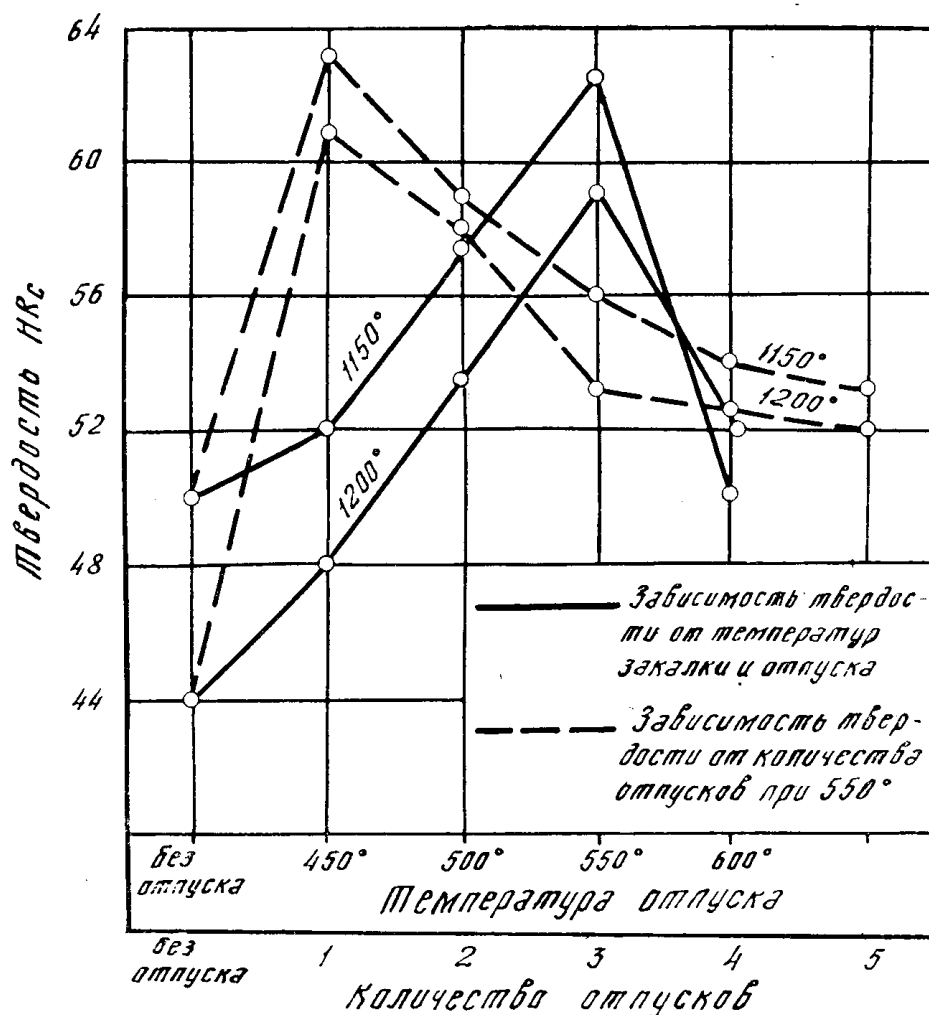


Рис. 4. Зависимость твердости литейной стали Х12Ф1Т от температур закалки и температур отпуска, а также от кратности отпуска при температуре 550° .

Из графика на рис. 3 видно, что литейную сталь Х12Ф1Т можно нагревать при закалке на первичную твердость в интервале температур $950\text{—}1050^{\circ}$, тогда как у стандартной ковanej стали этого же состава такие колебания температуры недопустимы. Широкий интервал температур закалки литейной стали объясняется большей легированностью твердого раствора литейной стали, несколько завышенным содержанием углерода (в нашем случае) и наличием в исследуемой стали титана, который предохраняет сталь от перегрева.

Отпуск литейной стали

Образцы, закаленные на первичную твердость с температур $950\text{—}1050^{\circ}$, отпускались при температурах $150\text{—}550^{\circ}$ с интервалом 50° . Про-

должительность выдержки при температуре отпуска 1 час. Образцы, закаленные на вторичную твердость, отпускались в интервале температур 450—600° через каждые 50°, с целью определения оптимальной температуры проявления вторичной твердости. Результаты отпуска образцов приведены в графике на рис. 4.

Микроструктура закаленной на вторичную твердость и отпущенной при 550° стали состоит из мелкодисперсных карбидов отпуска, скрытокристаллического мартенсита отпуска и первичных карбидов, окаймляющих зерна твердого раствора.

Микроструктура стали, закаленной на первичную твердость, аналогична микроструктуре стали после закалки и отпуска на вторичную твердость с той разницей, что сетка первичных карбидов в стали после закалки и отпуска на вторичную твердость более тонкая.

Из полученных данных следует, что:

а. С повышением температуры отпуска литой стали X12Ф1Т твердость плавно снижается. Для закалки от 950° оптимальная температура отпуска 200° при твердости HRC=62. Для увеличения вязкости температуру отпуска можно повысить до 400° и получить HRC=58—59.

б. При закалке от 1000° оптимальной температурой отпуска является 400° при верхнем пределе твердости HRC=58—59. Для повышения вязкости температуру отпуска можно повысить до 450°, при этом твердость снизится до HRC=56—57.

в. Для закалки от 1050° оптимальная температура отпуска находится в интервале от 350 до 450° при твердости HRC=58—60.

г. Из графика на рис. 4 следует, что при закалке на вторичную твердость оптимальной температурой отпуска является 550°. Твердость после такой обработки равна 62—63 HRC.

Для определения кратности отпуска после закалки на вторичную твердость производился пятикратный отпуск при 550° по одному часу. Как видно из графика на рис. 4, после первого же отпуска при 550° твердость стали достигает максимального значения.

Выводы

1. Изготовление штампов из литых заготовок дает возможность:
 - а) исключить операциюковки заготовок,
 - б) улучшить структуру стали за счет быстрого охлаждения отливок и соответствующей термической обработки,
 - в) использовать до 90% отходов дефицитной штамповой стали.
2. Стойкость между переточками у литых штампов значительно выше, чем у кованных и в среднем равна двойной стойкости кованных.
3. Общая стойкость литых штампов равна стойкости кованных и может быть значительно повышена за счет имеющихся резервов при изготовлении заготовок методом литья (изменение состава, применение модификаторов и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

С. В. Бельинский. Исследование литой и ковальной стали. Машгиз, 1952.