ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА им. С. М. КИРОВА

Том 224 1976

ЗАВИСИМОСТЬ ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ОТ ИХ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ

Г. В. СИМОНОВ, А. И. СЛОСМАН

(Представлена научным семинаром кафедры прикладной механики)

Испытания сталей в кованом состоянии, проведенные в условиях, почти полностью предупреждающих разогрев, выполненные рядом авторов [1, 2, 3], показали, что в этом случае износоустойчивость почти не зависит от легирования. Стали с высоким содержанием углерода, но с разным содержанием легирующих элементов, если они правильно закалены и отпущены на одинаково высокую твердость (63-64 RC), имеют почти одинаковую износоустойчивость. Испытания резанием стали небольшой твердости, проводившиеся с пониженной скоростью [4] (без существенного разогрева), также согласуются с этими выводами.

Целью данных исследований являлось определение влияния химического состава и твердости различных марок инструментальных сталей на их сопротивление абразивному износу в зависимости от структурного состояния (литое и кованое).

Исследованиям подвергались стали: углеродистые небольшой прокаливаемости — У7, У10, легированные повышенной прокаливаемости — 9ХС, ШХ15, быстрорежущие — Р18, Р9, Р4 и стали высокой прокаливаемости — Х12Ф и Х12М.

Образцы сталей в кованом состоянии подвергались закалке по стандартным для данной марки стали режимам и отпуску для получения необходимой твердости.

Для получения образцов литого структурного состояния производилась отливка заготовок в неподвижную металлическую форму. Размер отливаемых заготовок: 120×25×6 *мм*.

Плавка стали производилась на высокочастотной плавильно-закалочной установке типа АЗ-43 в кислом тигле под слоем шлака. Шихтой для переплавки служили мелкие отходы сталей инструментального производства. Компенсация угара легирующих элементов производилась путем введения в тигель соответствующих ферросплавов.

Химический состав исследуемых сталей в кованом и литом состоянии представлен в табл. 1.

Как видно из таблицы, для всех марок сталей нет заметного различия в содержании элементов в литом и кованом состоянии.

Испытания сталей на абразивный износ производились в лаборатории трения Сибирского физико-технического института на установке Г. И. Киселева [5]. Абразивным материалом служил плоский шлифовальный круг марки КЗ40 СМ2К. Конструкция установки позволяла в

Таблица 1

Марка стали	Структурное состояние	Химический состав, %						
		C	Mn	Si	W	Cr	V	Mo
У7	кованое	0,72	0,29	0,25	—	—	—	—
	литое	0,70	0,34	0,25	—	—	—	—
У10	кованое	1,01	0,20	0,31	—	—	—	—
	литое	1,03	0,24	0,26	—	—	—	—
9ХС	кованое	0,90	0,52	1,38	—	1,20	—	—
	литое	0,87	0,44	1,36	—	1,11	—	—
ШХ15	кованое	1,05	0,27	0,18	—	1,35	—	—
	литое	1,00	0,29	0,27	—	1,46	—	—
Р4	кованое	0,98	—	—	4,17	4,07	2,18	—
	литое	0,95	—	—	4,35	4,20	2,30	—
Р9	кованое	0,90	—	—	9,40	4,15	2,44	—
	литое	0,88	—	—	9,21	4,08	2,29	—
Р18	кованое	0,76	—	—	16,30	4,15	1,26	—
	литое	0,79	—	—	16,52	4,19	1,18	—
Х12Ф	кованое	1,48	—	—	—	12,12	0,31	—
	литое	1,50	—	—	—	11,96	0,25	—
К12М	кованое	1,54	—	—	—	11,24	—	0,54
	литое	1,49	—	—	—	11,52	—	0,52

процессе вращения шлифовального круга перемещать по его радиусу испытываемый образец, что исключало влияние продуктов износа. Путь образца всегда был постоянным и представлял спираль длиной 6,5 *м*. Некоторое засаливание круга устранялось периодической очисткой. Абразивная способность круга после очистки контролировалась эталоном. В связи с тем, что абразивная способность круга несколько изменялась, вводился поправочный коэффициент, который во всех случаях имел значения, близкие к единице.

Режимы испытания:

число оборотов шлифовального круга — 6,83 в *мин.*
скорость передвижения образца — 35 *мм* в *мин*,
величина перемещения образца на I оборот круга — 5,12 *мм.*

Можно полагать, что принятые режимы испытания не приводят к заметному разогреву исследуемых образцов даже в их поверхностных слоях.

Испытаниям подвергались образцы сечением 4,5×4,5 *мм*. Нормальная нагрузка на образец оставалась всегда постоянной и равной 3 *кг*. Величина износа определялась взвешиванием образцов до и после опыта с точностью до 0,1 *мг*. Каждая точка на графиках есть средний результат 5—8 опытов. Отклонения значений износа от среднего не превышали ±5%. Твердость исследуемых образцов устанавливалась в пределах 55-63 *RC*.

На рис. 1 и 2 приводится графическая зависимость абразивного износа сталей, построенная по данным опытов в зависимости от химического состава, твердости и структурного состояния.

Из кривых рис. 1 видно, что в условиях абразивного износа без разогрева химический состав стали в кованом состоянии оказывает незначительное влияние на величину износоустойчивости. Однако с увеличением количества карбидной фазы (без изменения ее состава и структуры) износоустойчивость стали повышается.

Для сталей в литом состоянии (рис. 2) указанная закономерность сохраняется только для углеродистых сталей У7 и У10 и легированных сталей 9ХС и ШХ15. Быстрорежущие стали Р18, Р9, Р4 и высокохромистые стали Х12Ф и Х12М имеют при одной и той же твердости больший износ, чем эти же стали в кованом состоянии. Это можно объяснить значительной неоднородностью литой структуры высоколегированных сталей. Несмотря на то, что при отливке в металлические формы хрупкая эвтектика присутствует в виде тонких выделений и даже в отдельных случаях не полностью окружает зерно стали, она отрицательно сказывается на механические характеристики заготовки.

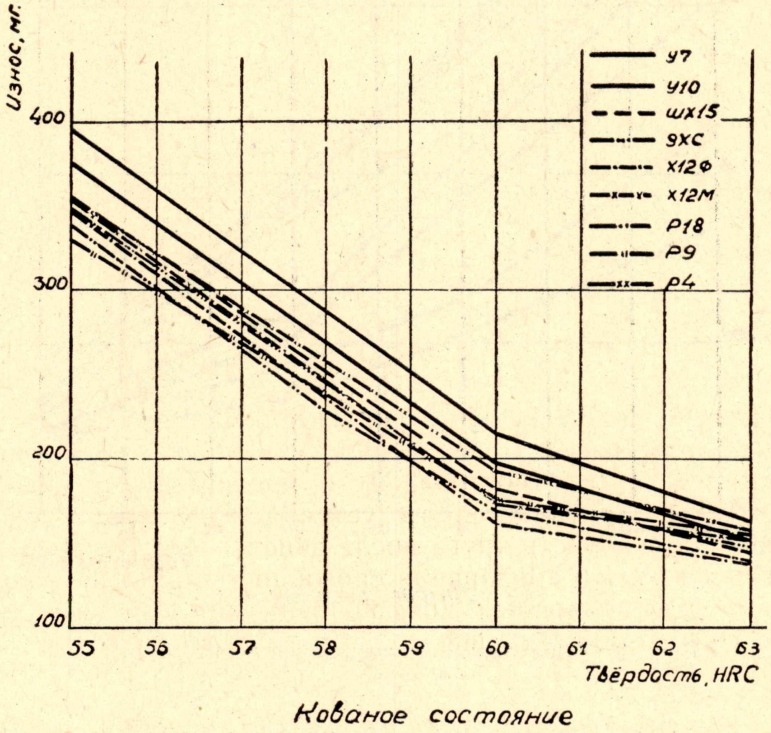

Рис. 1. Абразивный износ сталей в кованом состоянии

Из графиков износа как в кованом, так и литом состоянии можно наблюдать некоторое изменение зависимости износоустойчивости от величины твердости в интервале 58-60 *RC*. Износоустойчивость стали, имеющей твердость выше 60 *RC*, увеличивается менее интенсивно на каждую единицу твердости, чем в интервале 55-60 *RC*. Методика проведенных исследований не позволяет полно судить о причинах подобного явления, так как вопрос о самостоятельной роли в процессе износа стали ее отдельных структурных составляющих пока мало изучен.

Однако предположительно можно утверждать, что в случае максимальной твердости образца, когда твердость металлической матрицы близка или равна твердости карбидной фазы, при абразивном износе, выражающемся в местной пластической деформации, микроцарапании и микрорезании абразивными частицами поверхности трения, изнашивание в основном происходит как процесс преобладающего диспергирования очень мелких частиц металла без выкрашивания крупных карбидов. При снижении твердости образца до 55-58 *RC*, когда в матричной фазе уже можно наблюдать продукты распада мартенсита и связи между матрицей и карбидной фазой ослаблены, вместе с указанным выше видом износа

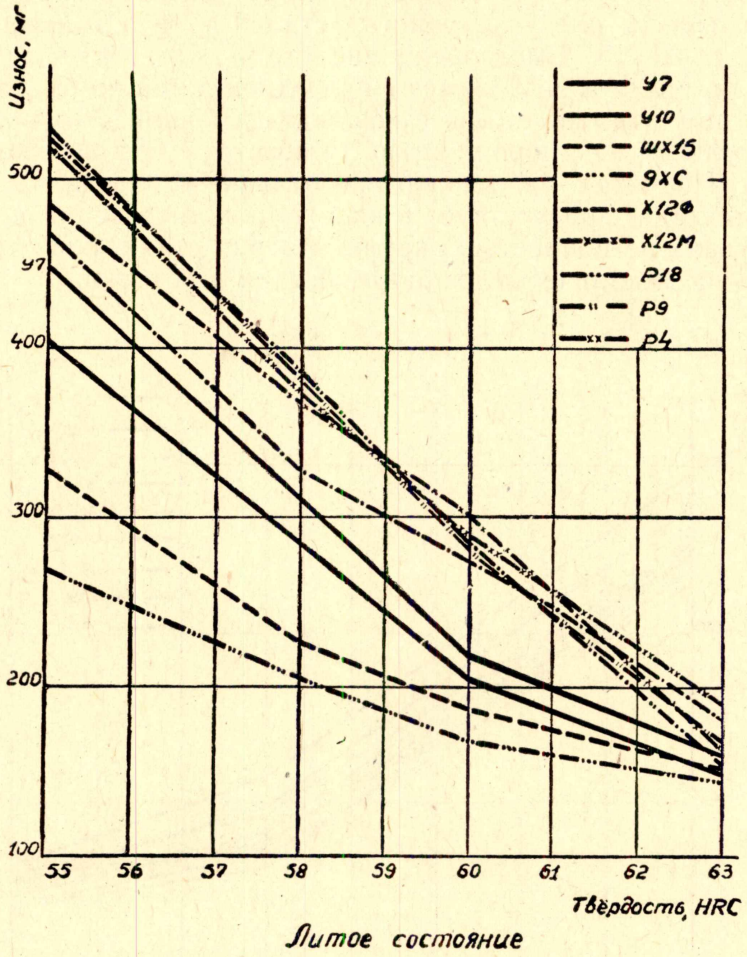

Рис. 2. Абразивный износ сталей в литом состоянии

возможны отрывы более крупных частиц (выкрашивание карбидных зерен), что и приводит к более интенсивному изнашиванию образца.

Также известно, что износоустойчивость наиболее резко зависит от тех изменений в структуре, которые вызывают снижение твердости. Так, отпуск заэвтектоидной стали Х при 350° [1], создавший структуру троостита и уменьшивший твердость до 47 *RC*, понизил износоустойчивость примерно в 5 раз по сравнению с износоустойчивостью той же стали, отпускавшейся при 150° и имевшей мартенситную структуру и твердость 62-63 *RC*. В то же время отпуск этой стали до 200°, понизивший твердость до 60 *RC*, уменьшил износоустойчивость лишь на 25—30%. То же самое характерно и для быстрорежущих сталей. Нагрев выше 600°, вызвавший снижение твердости вследствие распада мартенсита и коагуляции карбидов, значительно понизил износоустойчивость. То есть снижение твердости стали без изменения ее структурного состояния влияет менее значительно на износоустойчивость, чем при наличии структурных превращений (распад мартенсита).

Выводы

1. Подтверждаются выводы о том, что химический состав стали в кованом состоянии мало влияет на величину абразивного износа, выполненного без разогрева.

2. В литом состоянии высоколегированные стали при одинаковой твердости имеют износоустойчивость ниже углеродистых и легированных.

3. Износоустойчивость стали, имеющей твердость выше 60 *RC*, увеличивается на каждую единицу менее значительно, чем при более низкой твердости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. А. Геллер. Инструментальные стали. Металлургиздат, М., 1961.
2. М. М. Хрущев, М. А. Бабичев. Доклады АН СССР, т. XXXVIII, № 3, стр. 176, 1953.
3. А. П. Гуляев. Теория быстрорежущей стали. «Станки и инструмент», № 3, Машгиз, М., 1946.
4. Н. П. Петров. «Станки и инструмент», № 13, стр. 34, Машгиз, М., 1937.
5. Г. И. Киселев. Труды СФТИ, в. 26, стр. 32, Томск, 1947.