

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ СТАЛЕЙ ЛЕГИРОВАННЫХ СВИНЦОМ

Л.М. Сединкин

Сумский государственный университет, г. Сумы

Приведены результаты исследования обрабатываемости резанием сталей сортамента ВАЗ с содержанием свинца до 0,25%. В результате добавки в сталь свинца получается увеличение скоростей резания на 15-20% или увеличение стойкости инструмента в более чем 3 раза. Установлено, что стали данной группы имеют лучшую обрабатываемость в нормализованном состоянии. Установлено, что способ разливки стали сифонным методом дает улучшение обрабатываемости за счет снижения в стали твердых неметаллических включений.

В настоящее время с достаточной очевидностью доказано, что повышение моторесурса машин может быть достигнуто за счет применения более высокопрочных, износостойчивых материалов для изготовления ответственных деталей. Вместе с тем стало непреложным фактом, что чем выше прочностные характеристики вновь созданного материала, тем хуже его обрабатываемость резанием, тем ниже производительность труда при изготовлении данных деталей, тем больше станочного времени требуется для снятия припуска при обработке детали. При этом, несмотря на широкое распространение высокоточных заготовок, объем работ по металлообработке методом снятия стружки не уменьшается. Не случайно, что в настоящее время ведётся большой комплекс работ по отысканию путей возможного решения проблемы интенсификации процессов резания металлов, уменьшения расходов на обработку, поиск новых способов обработки и т.д. Среди наиболее важных направлений здесь можно назвать работы, выполняемые под руководством Силина С.С., Талантова И.В., Верецаки А.С., Подураева В.Н., Виноградова А.А., и др. отечественных и зарубежных учёных.

Все эти работы направлены воздействовать на процесс резания как бы из «извне», за счёт внешних факторов. В то же время практика обработки металлов на заводах крупносерийного и массового производства показывает, что одна и та же по своему химическому составу марка стали, выплавленная в разное время, имеет различную обрабатываемость резанием, т.е. на обрабатываемость оказывают влияние какие – то «внутренние» факторы. А это значит, что сталь по своей внутренней природе, заложенной в период выплавки, может быть и легко – и труднообрабатываемой резанием. Следовательно, значение металлургических факторов, влияющих на обрабатываемость металлов резанием и умение ими управлять, позволяет нам уже при выплавке сообщать каждой стали желательные для металлообрабатывающей промышленности свойства.

В научной литературе и практике хорошо известны распространенные в наше время легко обрабатывающиеся стали (автоматные), которые получают за счет повышенного содержания серы и фосфора. Такие стали производятся по ГОСТ 1414-82. Они используются для изготовления неотчетственных деталей машин. Достижение высокой обрабатываемости сложнолегированных сталей, идущих на изготовление высоконагруженных деталей машин, за счет введения в их состав серы и фосфора недопустимо по целому ряду причин: ухудшение технологических свойств на металлургическом переделе (большая

неоднородность содержания серы и фосфора по слитку, склонность к образованию трещин и рванин при прокатке и т.д.), резкое ухудшение механических свойств, снижение антикоррозионных свойств, ухудшение свариваемости и т.д. Эти отрицательные факторы и заставляют искать другие методы улучшения обрабатываемости.

В то же время, еще в начале 30-х годов, было отмечено, что наличие в стали таких элементов, как селен, свинец, теллур, висмут положительно влияет на обрабатываемость этих сталей резанием [1]. При этом оказалось, что воздействие этих элементов на технологические, механические и другие свойства иное, чем у серы и фосфора. В настоящее время уже стало фактом широкое использование на Волжском автомобильном заводе сталей с добавкой свинца, в судостроении для изготовления арматуры из нержавеющей сталей, часовой и автомобильной промышленности сталей с добавками селена и т.д. И вместе с тем в вопросах о причинах влияния селена, свинца и теллура на обрабатываемость резанием, механические свойства, работоспособность деталей машин имеются неясности и противоречия толкования. В основном все работы, касающиеся включений, посвящены их вредному влиянию на те или иные свойства сталей.

Как известно, обрабатываемость металлов резанием является комплексным критерием, в который входит ряд факторов. Главным из них является скорость резания, соответствующая нормативной стойкости инструмента. Немаловажным показателем являются также силы резания, определяющие энергоемкость процесса, и шероховатость обработанной поверхности. Скорость резания является тем наиболее важным фактором, который, в конечном счете, определяет производительность конкретного технологического процесса:

$$Q=10^3 \cdot S \cdot V \cdot t \text{ см}^3/\text{мин}, \quad (1)$$

где Q - объем металла, снимаемого с поверхности заготовки в единицу времени; S - величина подачи; V - скорость резания; t - глубина резания.

Очевидно, при одинаковой величине подачи S , которая определяется рядом технологических параметров и $t=\text{const}$, производительность процесса будет тем больше, чем больше скорость резания V (стойкость инструмента при этом должна быть неизменной). В серийном и массовом производстве технологическая производительность измеряется количеством деталей, обработанных на данной операции в единицу времени.

$$J = \frac{1}{t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t'_{\text{см}}}, \quad (2)$$

где J - количество деталей, обработанных в единицу времени; $t_{\text{маш}}$ - машинное время обработки одной детали, мин; $t_{\text{всп}}$ - время, затраченное на установку и снятие детали; $t'_{\text{см}}$ - время на смену и регулировку инструмента, при условии постоянства стойкости этот показатель остается неизменным.

Время $t_{\text{всп}}$, связанное с установкой и снятием детали, присущие каждому циклу обработки и при более интенсивной обработке, когда в единицу времени будет обработано большее число деталей, возрастёт. Но возрастёт пропорционально числу циклов.

$$t_{\text{маш}} = \frac{L}{n \cdot S} \quad (3)$$

и
$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (4)$$

где L - длина обработки, мм; S- подача, мм/мин.

Следовательно,
$$t_{\text{маш}} = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{1000 \cdot V \cdot S}. \quad (5)$$

Изменение скорости резания будет обратно пропорционально изменению $t_{\text{маш}}$. Таким образом, увеличение скорости резания будет неизменно приводить к увеличению производительности обработки, однако характер влияния ее на производительность несколько усложняется вследствие наличия вспомогательного времени, которое возрастает при этом из-за увеличенного числа циклов в единицу времени.

Как известно [2], каждая плавка стали обладает своей отличной от других обрабатываемостью резанием, поэтому для чистоты эксперимента были взяты образцы каждой марки стали одной плавки. Так как свинец вводится в сталь в момент разливки ее в изложницы, то это было сделать несложно. В одну изложницу заливалась чистая сталь, при заливке другой открывался шлюз, и свинцовая дробь вместе со сталью попадала в изложницу. Селен также вводился в расплавленную сталь в момент заливки в изложницы. Кроме того, нами было исследовано влияние на обрабатываемость вида предварительной термической обработки заготовок (нормализация и улучшение) и способа разливки стали (сверху и сифонным методом). Некоторые результаты исследования обрабатываемости микролегированных сталей 40ХГНМ, 38ХГМ, 20ХГНМ при точении их твердосплавным инструментом представлены на рисунках 1-3. Из графиков видно, что присадка в сталь свинца в количестве до 0,23% позволяет улучшить обрабатываемость стали.

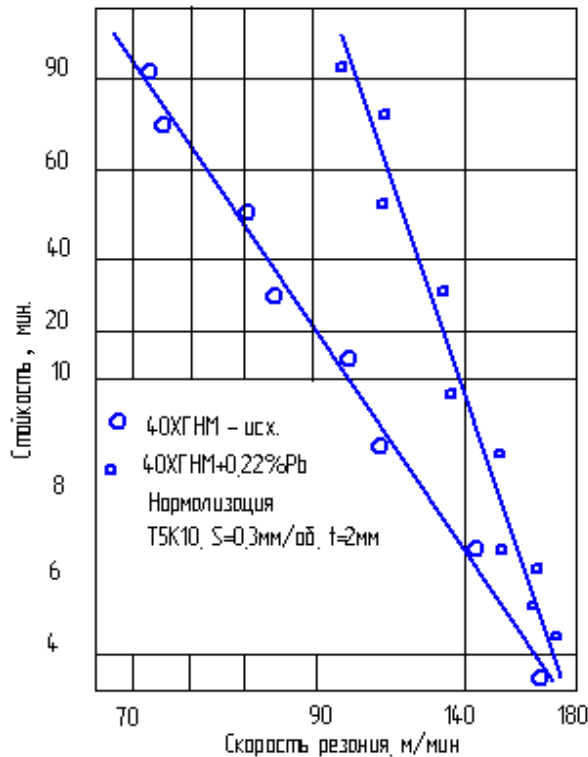


Рисунок 1 – Зависимость стойкости инструмента от скорости резания при обработке точением стали 40ХГНМ. Разливка сверху

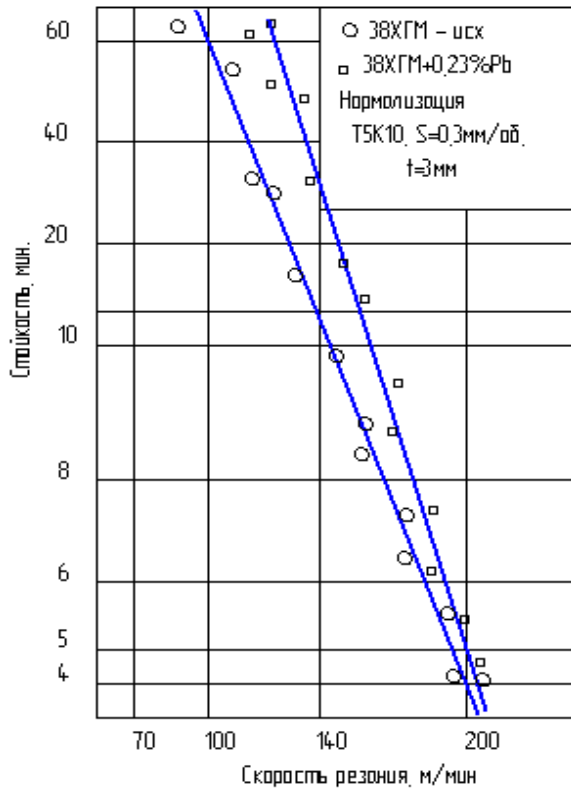


Рисунок 2 – Зависимость стойкости инструмента при обработке стали 38ХГМ. Разливка сверху

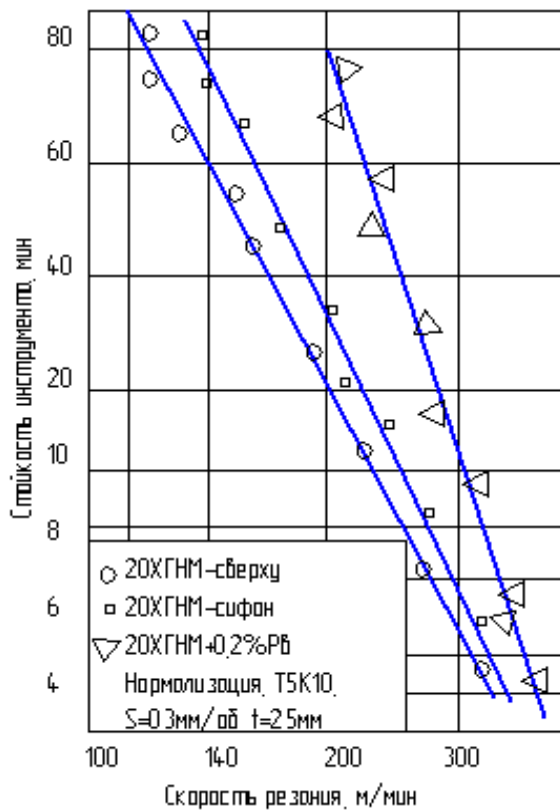


Рисунок 3 – Зависимость стойкости инструмента от скорости резания при точении стали 20ХГНМ с различными способами разливки и вариантах легирования свинцом

Анализ зависимостей стойкости твердосплавного инструмента от скорости резания по графикам, приведенным на рисунках 1-3, показывает, что кривые зависимости скорость-стойкость для исходных и свинецсодержащих сталей на определенном уровне скоростей стремятся к схождению. Это слияние в одну кривую происходит, когда стойкость инструмента – несколько минут. Можно предположить, что это явление объясняется высокой температурой в зоне резания и вследствие этого исчезновением смазочного эффекта от испарившихся включений свинца. Действительно, опыты по измерению температуры резания, выполненные нами, показывают, что температура, при которой твердый сплав работает со стойкостью до 10 минут, находится в пределах 950-1100°C (температура плавления свинца 327°C). Отсутствие смазки как бы уравнивает между собой по условиям трения исходную и свинецсодержащую сталь. Однако более существенного обоснования этому явлению дать в настоящее время нельзя, так как отсутствуют работы по изучению вязкости и скорости испарения свинца при высоких температурах. По данным, полученным в результате исследований обрабатываемости, была составлена таблица скоростей резания при определенной стойкости инструмента (табл.1).

Таблица 1 – Результаты исследования обрабатываемости свинецсодержащих сталей сортамента ВАЗ твердосплавным инструментом Т5К10 (скорость U_{60})

Марка стали и вариант микролегирования	Нормализация		Улучшение	
	Скорость V_{60}	Коэф. увелич. скорости	Скорость V_{60}	Коэф. увелич. скорости
1. 40ХГНМ - исходная	80	1,0	60	1,0
2. 40ХГНМ+0,22% Рb	107	1,27	76	1,27
3. 38ХГМ - исходная	105	1,0	86	1,0
4. 38ХГМ+0,23% Рb	135	1,28	110	1,29
5. 19ХГН - исходная	185	1,0	130	1,0
6. 19ХГН+0,17% Рb	249	1,35	162	1,25
7. 12Х2Н4А - исходная	135	1,0	-	-
8. 12Х2Н4А+0,13% Рb	169	1,25	-	-
9. 12Х2Н4А+0,25% Рb	178	1,32	-	-
10. Ст.40 - исходная	160	1,0	143	1,0
11. Ст.40+0,15% Рb	205	1,28	174	1,22
12. Ст.40+0,22% Рb	220	1,38	189	1,32

Как видно из приведенной таблицы, исследованные стали сортамента ВАЗ наиболее выгодно обрабатывать в состоянии нормализации. Это, во-

первых, обеспечивает наиболее высокий уровень скоростей резания, а во-вторых, позволяет при точении легированной свинцом стали по сравнению с исходной сталью увеличить скорость резания на 20-30%. Если же скорость резания оставить неизменной и равной скорости резания для исходной стали при стойкости $T = 60$ мин, то при обработке свинецсодержащих сталей стойкость твердосплавного инструмента может быть увеличена в 3-4 раза.

Особое место в группе исследованных свинцовистых сталей сортамента ВАЗ занимает сталь 20ХГНМ. Ее отличительная особенность состоит в том, что, кроме обычных вариантов сталей, исследованных в работе (сталь исходная, сталь с добавкой свинца), здесь представлена исходная сталь в образцах, полученных разливкой сверху и снизу - сифонной разливкой.

Следует отметить, что влияние способа разливки стали на ее обрабатываемость весьма мало изучено и с этой точки зрения образцы стали 20ХГНМ представляли значительный интерес. На рисунке 3 представлены графики зависимости стойкости инструмента от скорости резания при обработке стали, разлитой двумя различными способами. Из этих графиков прежде всего следует вывод, что образцы из свинецсодержащей стали обрабатываются лучше, чем разлитые различными способами исходные образцы. Вторым, не менее важным выводом, который следует из приведенных графиков, – способ разливки оказывает влияние на обрабатываемость стали. Сталь, разлитая сифонным методом, имеет лучшую обрабатываемость. Как выяснилось при металлургическом исследовании этой стали, она на порядок меньше содержит в себе такие твердые включения, как силикаты, стекла и существенно меньше растворенного в ней кислорода. Поэтому при обработке образцов, подвергнутых нормализации, скорость резания при обработке стали, разлитой сифонным способом, на 23% выше, чем у образцов, разлитых сверху. По данным эксперимента были определены показатели, характеризующие обрабатываемость исследованных образцов. В качестве исходного образца, с которым производилось сравнение, принят образец, полученный разливкой сверху, так как образец со свинцом тоже был разлит верхним методом. Величины скорости V_{60} и коэффициенты их увеличения приведены в таблице 2. Как видно из таблицы, сталь 20ХГНМ более рационально обрабатывать инструментом из твердого сплава в нормализованном состоянии. При этом, кроме более высокого уровня скоростей резания, имеет место увеличение скорости резания для свинецсодержащей стали на 40% или увеличение стойкости инструмента более чем в 3 раза.

Таблица 2 – Результаты исследования влияния микролегирования сталей свинцом и способа разливки на скорость резания при стойкости $T = 60$ мин

Марка стали и вариант микролегирования	Нормализация		Улучшение	
	Скорость резания, м/мин	Увелич. скорости резания	Скорость резания, м/мин	Увелич. скорости резания
1 20ХГНМ - разливка сверху	150	1,0	86	1,0
2 20ХГНМ-разливка сифоном	184	1,23	96	1,12
3 20ХГНМ +20%Pb	210	1,40	105	1,23

Используя формулы теории производительности (1-5), приведенные в начале статьи, нетрудно подсчитать, что при увеличении скорости

резания на 25-40% производительность возрастает на 10-20%, а при постоянной скорости за счет увеличения стойкости инструмента производительность возрастает на 45-55%.

ВЫВОДЫ

1 Использование в производстве сталей, содержащих свинец в количестве до 0,25%, позволяет существенно увеличить производительность труда при резании или увеличить стойкость инструмента при стабильной скорости резания.

2 Наилучшие результаты по обрабатываемости обеспечивает термическая обработка заготовок – нормализация.

3 Из двух исследованных способов разливки лучшие результаты по обрабатываемости обеспечивает разливка сифоном.

SUMMARY

RESEARCH OF WORKABILITY STALEY ALLOYED LEAD

L.M. Sedinkin

Sumy State University

The results of research of workability cutting of steels assortment of VAS are resulted with maintenance of lead to 0,25%. As a result of addition in steels of lead the increase of cutting speeds turns out on 15-20% or increase of firmness of instrument in more than 3 times. It is set that the best workability is had steel of this group in the normalized state. It is set that method of pouring became a siphon method gives the improvement of workability due to a decline in steel of the hard non-metal including.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокошкин Д.А., Горелик С.С. Сборник трудов МИСИС, 1949. – №28. – С.35-56.
2. Фельдштейн Э.И. Обрабатываемость сталей // Машгиз. – М,6. – 1953. – 345с.

Сединкин Л.М., канд. техн. наук, доцент

Поступила в редакцию 30 января 2008 г.