

Применения абразивных инструментов пропитанных суспензиями импрегнаторов

Рудометов Ю. И., к.т.н. технический директор, «НПЦ КООРДИНАТ».

Шлифование является тем важнейшим технологическим процессом, который во многом определяет качество готового изделия. Вместе с тем себестоимость шлифования значительна и достигает 50 % от себестоимости изделия. Рост производительности и эффективности современного производства неуклонно требует увеличения скорости механической обработки. Абразивный круг обычно работает с периферийной скоростью 30 м/с. Высокоскоростные шлифовальные круги используются в промышленных операциях при скоростях от 75 до 200 м/с. В лабораторных испытаниях с использованием специальной оснастки круги развивают скорость свыше 300 м/сек, приближаясь к скорости звука. Шлифовальный круг, представляющий собой абразивное зерно в соответствующей связке способен самозатачиваться в процессе обработки. При засаливании или затуплении абразивный круг может быть заточен или оправлен непосредственно в станке, чего не может себе позволить любой другой инструмент. Шлифование обеспечивает допуск при обработке поверхностей до сотых долей миллиметра, высокую чистоту обработки и высокую степень ровности. Обычные абразивы – это, в основном, материалы из оксида алюминия и карбида кремния. Для операций шлифования труднообрабатываемых высоколегированных – коррозионно-стойких, жаропрочных и жаростойких сталей мартенситного класса, подшипниковых и инструментальных сталей, резко возрастают требования, предъявляемые к эксплуатационным параметрам абразивных инструментов. При шлифовании или заточки температура поверхностного слоя от $0,1 \div 0,2$ мм и до $2 \div 3$ мм, почти мгновенно достигает $700\text{--}900$ °С и даже $1200\text{--}1500$ °С, скорость нагрева $5000\text{--}6000$ °С/сек и порою до 10000 °С/сек [1]. Почти также быстро за доли секунды эта температура снижается, так как подавляющая часть возникающего тепла сразу отводится нижележащим слоям не нагретого металла и скорость охлаждения поверхностного слоя, поэтому очень велика до 1000 °С/сек [1]. В случае чрезмерного увеличения скорости шлифования или толщины слоя, снимаемого за проход, температура может быть выше фазового превращения шлифуемой стали. Возникающая в этих условиях аустенитно-мартенситная структура является продуктом вторичной закалки. Слой аустенита, образовавшийся при быстром нагреве и больших давлениях, обладает:

- высокой устойчивостью при охлаждении и сохраняется в повышенном количестве: до 60–70 % в стали с исходной мартенситной структурой и до 30–40 % в стали с исходной перлитной (сорбитной) структурой

- высокой твердостью (~ 1000 HV) вследствие фазового наклепа при $\alpha \rightarrow \gamma$ превращении

- пониженной устойчивостью против нагрева, он распадается при $100\text{--}200$ °С в не теплостойкой стали и при $300\text{--}400$ °С в теплостойкой, поскольку насыщения слоя легирующими элементами происходит при температурах ниже принятых для закалки.

Непосредственно под этим слоем может располагаться дисперсная ферритокарбидная смесь более мелких субзерен с большей плотности дислокаций, возникшая в области меньшего теплового воздействия и является продуктом кратковременного (импульсного) высокотемпературного отпуска [2]. Образование слоя аустенита усиливается при слишком интенсивном шлифовании или шлифуются стали со значительным количеством карбида МС.

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) применяют главным образом для отвода тепла.

Значительную часть теплоты, образующейся при шлифовании, поглощает охлаждающая жидкость, подводимая в зону шлифования. И охлаждается только обрабатываемая деталь, но не контактная зона резания, где температура несколько сот градусов. К смазочно-охлаждающим жидкостям предъявляются следующие требования: высокая охлаждающая способность, антикоррозионность, безвредность для работающего персонала. Подвод СОЖ в зону резания осуществляется поливом в зону резания, поливом под давлением, распылением и другими способами. Есть попытки подачи СОЖ в зону резания при очень больших давлениях 25–40 МПа, и диаметром струи 0,5–0,8 мм. В настоящее время большое внимание уделяется изысканию путей повышения режущих свойств абразивного инструмента. В частности распространены способы, основанные на введении в зону резания веществ улучшающих обрабатываемость материалов, использование не режущих элементов абразивного инструмента – связки и пор. Особый интерес для заводской практики шлифования представляют способы, связанные с использованием специфического свойства абразивного инструмента – пористости. Различные разновидности этих способов объединены понятием «импрегнирование» (пропитка), т. е. насыщение пор инструмента специальными веществами, улучшающими его режущие свойства. Впервые этот способ применили на практике в США в 20 годах прошлого столетия [3]. В промышленности применяют пропитку абразивных инструментов – серой, фенолформальдегидной смолой (бакелизация), парафином, озокеритом, церезином, стеарином, этилгсантогенатом калия, канифолью, раствором силикатов натрия и другими веществами, а также композициями из нескольких элементов включая наполнители (графит, дисульфид молибдена /MoS₂/, фторопласты, микропорошками и др.) создавая суспензии. В процессе шлифования импрегнированными кругами происходит расслоение, разрушение и восстановление твердых смазочных пленок. Несмотря на быстротечные процессы, происходящие в зоне контакта круга с изделием за счет чрезвычайно больших скоростей миграции молекул при высоких температурах и давлениях успевают происходить процессы разрушения и восстановления смазочных пленок (эффект Ребиндера – адсорбционное понижение прочности). Наиболее сильно эффект Ребиндера проявляется в условиях образования новых поверхностей (*in Statu nascenti*. лат. – родиться в состоянии), а также при наличии в твердом теле дефектов (в частности, границ зерен). Эффективность действия импрегнирующих составов в процессе шлифования в значительной мере зависит от интенсивности химического взаимодействия металла с элементами поверхностно-активных веществ (ПАВ), входящими в состав импрегнатора. Под действием высоких температур и давлений в зоне резания разлагается соединение входящих в состав ПАВ. Свободные атомы элементов вступают во взаимодействие со стружкой в зоне резания.

Пленка соединений, образующаяся на абразивных зернах, обладает хорошими антифрикционными свойствами, и препятствуют налипанию металла на зерна, стабилизируя тем самым режущую способность шлифовальных кругов. Образовавшиеся соединения, обладающее хорошими смазывающими свойствами, уменьшают трение, снижая температуру в зоне контакта. Из анализа приведённых лабораторных и производственных исследований следует, что с увеличением глубины шлифования от 0,02 до 0,04 мм мощность, затрачиваемая на резание, температура шлифования и удельная работа возрастают при шлифовании обычным кругом от 220 до 650 Вт; от 350 до 600 °С; от 55 до 80 Дж/мм³ соответственно. При шлифовании же импрегнированным кругом указанные параметры по абсолютной величине примерно на 30...40 % меньше, что объясняется меньшими энергозатратами на преодоление внешнего трения и тем самым уменьшает шероховатость обрабатываемой поверхности и температуру резания. В подшипниковой промышленности абразивный инструмент пропитывают технической серой и ИР-3. Сера, температура плавления $T_{пл} = 125 \div 140^\circ\text{C}$, удельный вес $\rho = 2,07 \text{ г/см}^3$, а импрегнатор ИР-3 (суспензия углеводородов с графитом, как наполнитель) температура плавления $T_{пл} = 45 \div 52^\circ\text{C}$, удельный вес $\rho = 0,88 \text{ г/см}^3$. Импрегнатор ИР-3 более полно заполняет поры абразива, и тем самым устраняется вероятность появления дисбаланса абразивного инструмента, более экономно заполняет поры (по массе) – 2 раз; менее энергоёмки в процессе пропитки. При работе абразивный инструмент пропитанный серой выделяет SO_2 , который токсичен, предельно допустимая его концентрация (максимально-разового воздействия) $0,5 \text{ мг/м}^3$. На подшипниковых заводах, ГПЗ-18, ГПЗ-1, ГПЗ-7 имеет место промышленного применения суспензии импрегнатора ИР-3. Суспензии импрегнаторов так же возможно использовать в виде карандашей и пользоваться, периодически прикосновением периферии абразивного инструмента, при заточки инструмента. В зависимости от физико-механических параметров, импрегнаторами возможно производить пропитку не только абразивный инструмент (круги и бруски) с зернистостью 25–63, но и микропорошков зернистостью М10–М14 для достижения 0,08–0,16 мкм и окончательную – микропорошками с зернистостью М1–М5 для достижения $Ra = 0,02\text{--}0,04 \text{ мкм}$. Импрегнаторы состоящие из вещества с наполнителями или одним наполнителем, образуют грубодисперсную суспензию. Суспензия твёрдых частиц дисперсной фазы настолько велики ($> 0,01 \text{ мм}$), что имеют направленность, благодаря центробежным силам, на периферию абразивного круга. Скорость седиментации зависит от массы, размера и формы частиц, вязкости (при температуре процесса) и плотности среды, а также ускорения, возникающего при действии, на частицы, центробежных сил. Седиментация в дисперсных системах (особенно с жидкой дисперсионной средой) часто сопровождается укрупнением седиментирующих частиц вследствие коагуляции или коалесценции. Следует отметить, что объемное содержание частиц наполнителя не может быть произвольным. Малый объём наполнителя технологически невозможно равномерно распределить в изделии. При равномерном распределении частиц наполнителя его объём в единице объёма изделия пропорционален расстоянию между ними. Математически эта зависимость выражается следующей формулой:

$$V_n = 52, 3 d^3 / (d + \lambda)^3 \quad (1)$$

где, d – диаметр частиц наполнителя, мм

λ – расстояние между частицами, мм

В случае кубической упаковки сферических частиц диаметром d расстояние между частицами λ при объемной V_n концентрации наполнителя равно:

$$\lambda = d \left(\sqrt[3]{\pi/6V_n - 1} \right) \quad (2)$$

Используя зависимости (1) и (2) находим предельные значения объемного содержания частиц наполнителя, а затем и отношение объемов наполнителя и абразивного зерна, которое лежит в пределах $0,10 \div 0,15$.

На процесс шлифования металлов влияет и окружающая среда. Кроме естественной воздушной среды находят применение и искусственные технологические среды, такие, как углекислый газ при температуре $-78,5^\circ\text{C}$, который играет роль не только охладителя, но и защищают процесс шлифования,

заточки от химических процессов, происходящих при высоких температурах и давлениях. В отличие от СОЖ газы могут под давлением попадать непосредственно в зону резания, что и имеют большее влияние на весь процесс. Применение технологических газообразных сред (газов и смесей газов) и СОЖ при шлифовании импрегнированными абразивными инструментами позволяет получать преимущество по сравнению с обычным шлифованием абразивным инструментом при участии только одной СОЖ. Оно способствует повышению производительности, стойкости круга, улучшения качества шлифуемой поверхности (повышение чистоты, уменьшение прижогов, короблений, трещин и т.п.), сокращают расход кругов и инструмента для их правки. Особо хорошие результаты получены при профильных шлифовальных и финишных процессах. Краткосрочный ($\sim 0,15 \cdot 10^{-3} \div 0,06 \cdot 10^{-3} \text{ с}$) процесс при высоких температурах (до 1500°C) и высоких давлениях в непосредственном контакте при шлифовании импрегнированными абразивными инструментами, и подачей с внешней стороны СОЖ, создаёт неопределённости в прогнозировании, регулирования и подборе оптимального состава суспензий импрегнатора, а также создают большие трудности, как при теоретическом, так и экспериментальном его исследовании. И пока только опытным путём реально подбирается состав компонентов суспензии импрегнатора при шлифовании коррозионно-стойких, жаропрочных и жаростойких сталей мартенситного класса, подшипниковых и инструментальных сталей. Особо надо отметить, как в современных производственных условиях производится приготовление суспензии импрегнатора и пропитка абразивного инструмента. Приготовление суспензии импрегнатора производят перемешиванием в соответствии с принятой рецептурой компонентов при температуре, равной температуре плавления наиболее высокоплавящегося компонента. После этого осуществляется загрузка наполнителей и перемешивание до полной гомогенизации всех компонентов. Абразивный инструмент, поставляемый из заводов производителей имеет поры, которые предназначены для заполнения соответствующей суспензией импрегнатора с наполнителем, не совсем свободные и заполнены остатками и осколками связки, частицами увлажнителей в основном декстрином или жидким стеклом и самого абразива. Для очистки применяют различные методы. Это использование вакуума, гидроочистки под высоким давлением и высоких температур и т.д. Сам процесс пропитки производят: окунаем (как постепенным, так и быстрым); заполнение пор по кольцу, только рабочих зон инструмента и др. Под давлением и без. Охлаждение пропитанного абразивного инструмента производят под струёй воздуха или других газов (возможно при пониженных температурах до $+5^\circ\text{C}$) и на спокойном воздухе. Показателями качества процесса пропитки являются: Δm – изменение массы инструмента; твёрдость – методом вдавливания шарика (ГОСТ 19202-80) или акустическим методом (ГОСТ 25961-83); значения дисбаланса (ГОСТ 3060-55), для кругов; внешний вид. Хранение осуществляют на стеллажах при определённой вентиляции. Участки приготовления суспензий импрегнатора и пропитки абразивного инструмента оснащаются специальным нестандартным оборудованием, и эти процессы стараются как можно больше механизировать и автоматизировать. За последние 35–45 лет в машиностроении, для улучшения качества обработки, всё больше применяют абразивный инструмент, более подготовленный для процесса шлифования, как обычных конструктивных сталей, так и труднообрабатываемых высоколегированных сталей с использованием отдельных импрегнаторов и суспензий импрегнаторов. Применение импрегнаторов эффективно при шлифовании, заточки и финишных операций в массовом и крупносерийном производстве, таких как подшипниковая промышленность, производство металлорежущих инструментов, станкостроение, приборостроение, автомобилестроение, редукторостроение и др.

Список литературы:

1. Köster K., Schubert T. – *Tew. Techn. Ber.*, 1975, № 2, S. 154 – 161.
2. Dengel D. *Kurzzeitenlassen von Stahl – Härten/Tech. Mitt.*, 1984 Bd. 39. N 5. S. 182 – 192.
3. Патент США № 699310 от 14.03.1924



Уважаемые читатели!

Предлагаем Вам подписаться
на «Комплект: ИТО»
на первое полугодие 2013 года

Подписаться можно в любом почтовом отделении
по объединенному каталогу

«ПРЕССА РОССИИ»

Цена на 6 месяцев – 2442 рублей!
(см. каталог <http://www.pressa-rf.ru/cat/1/indx/42049/>)

Цена на 12 месяцев – _____ рублей! (см. каталог)

индекс **42049**

Для оформления подписки в почтовом отделении можно вырезать и заполнить данную форму

Ф. СП-1		АБОНЕМЕНТ на газету 42049 <small>журнал</small> (индекс издания)									
«Комплект: ИТО»		Количество комплектов:									
на 2013 год по		месяц а м:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		(почтовый индекс)		(адрес)							
Кому		(фамилия, инициалы)									
ПВ		место		ли-тер		ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА					
						на газету 42049 <small>журнал</small> (индекс издания)					
						«Комплект: ИТО»					
Стои-мость	подписки	руб.	коп.	Количество комплектов							
	переадресовки	руб.	коп.	КОМПЛЕКТОВ							
на 2013 год по		месяц а м									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		(почтовый индекс)		(адрес)							
Кому		(фамилия, инициалы)									

ООО «Инструменты. Техно логия. Оборудование»
107023, РФ, Москва, ул. Б. Семеновская, д. 49, оф. 334
Тел./факс: +7 (095) 366-98-00, 369-57-08
e-mail: exp@ito-baza.ru; www.ito-news.ru

