

Ф.А. ПАРИКЯН, А.С. БАБАЯН

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВЫХ СРЕД ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Рассмотрено влияние газовой среды на процессы резания и обкатки в различных газовых средах. Установлено, что, независимо от параметров резания и обкатки, кислород является той эффективной средой, в которой однозначно улучшаются качественные показатели сформированного поверхностного слоя.

Ключевые слова: самоорганизация, экология, резание металлов, пластическая деформация поверхностей, газовая среда, качество.

Процессы формирования поверхностных слоев резанием, особенно обкаткой в газовых средах, исследованы недостаточно, несмотря на их огромное теоретическое и практическое значение в вопросе структурирования методами пластической деформации поверхностного слоя деталей техники. Последнее, вне сомнения, важно для процессов подготовки поверхностей заготовок с определёнными наследственными свойствами, нацеленными на их дальнейшее упрочнение методами поверхностной пластической деформации (ППД). Отмеченный подход к формированию деформируемым поверхностных слоев, рассматриваемых как диссипативные системы, созвучен синергетическому, когда в условиях притока энергии извне в процессе структурирования материальные структуры отличают такие характерные свойства, как: кооперативность поведения и самоорганизация [1], адекватная реакция на любые изменения параметров деформирования и соответствующее приобретение определённой памяти и набора наследственных характеристик поверхностными слоями, что в триботехнических системах при трении является основой формирования вторичных контактных структур.

В настоящее время механизм и закономерности влияния жидкой среды на формирование поверхностного слоя изучены достаточно подробно. Однако существуют определённые проблемы, связанные с экологией, особенно при использовании смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) и масел, а также с влиянием этих масел и их паров на организм человека. Рассматривая мировой объём потребления СОТС, который, например, в США достигает в год 250000 т, а для одного современного станка дневной расход составляет до 250 долл. США [2], становится ясным, что даже частичная замена СОТС экологически безопасными средами является перспективной и актуальной задачей. Безусловно, что процессы обработки металлов резанием и обкатка поверхностей в газовых средах, в основном компонентом атмосферы, исключают влияние указанных отрицательных факторов.

В опубликованных в последнее время научных материалах отмечена явная эффективность влияния газовых сред, особенно кислорода, на формирование физических свойств поверхностей трибопар как при трении, так и при обработке поверхностей резанием [2-5]. С этих позиций исследование процессов

ПГД в газовых средах представляет определённый интерес, и потому нами проведены исследования при резании и обкатке поверхностей в средах азота и кислорода, результаты которых сравнивались с таковыми, полученными в воздухе.

Исследования проведены на базе разработанной на кафедре АиКММ ГИУА математической модели объекта в виде полинома второго порядка на токарно-винторезном станке фирмы "TOS" [6]. В качестве газовых сред использовались воздух, технический кислород (98,5%) и азот. Газы подавались в зону обработки при избыточном давлении 0,015 МПа. Шероховатость обработанных поверхностей измерялась профилографом типа АБРИС-ПМ7, а их микровдвёрдость и глубина наклёпа - микротвёрдомером ПМТ-3. Плотности дислокаций определены на ионизированном рентгеновском дифрактометре УРС-5ИМ с измерительными стойками ДРОН-1 на кобальтовом излучении. Резание проводилось инструментом из твердого сплава Т5К10 и Т15К6 ($\gamma=0^\circ$, $\varphi=90^\circ$), а обкатка шариками с HRC = 62 - из стали марки ШХ15 ($\varnothing 9$ мм). Исследованы параметры обработанной поверхности R_a , R_z , R_{max} , твердость и глубина наклёпанного поверхностного слоя, определяющие действительную площадь контакта трибопар, условия смазки поверхностей, износостойкость и т.д.

Шероховатость поверхности - один из главных параметров, характеризующих качество обработанной поверхности. Более того, при создании нетрадиционных современных новых технологий, особенно для развития нанотехнологий, она приобретает новую направленность и уже рассматривается не как вторичная характеристика - отклик поверхностного слоя на воздействие какого-то определённого физического процесса (пластическое деформирование шариками или резание), а как свойство самой структуры [7]. С этих позиций перспективна фрактально-синергетическая модель формирования поверхностного рельефа, когда шероховатость и поверхностный слой рассматриваются как один единый фрактал или многофрактальная структура, позволяющая раскрыть механизмы формирования физико-механических свойств поверхностного слоя и шероховатости, причем не только прогнозировать их, но и управлять ими.

Существует достаточно фактического материала о влиянии газовых сред, особенно кислорода, на процессы трения и обработки материалов, но они часто противоречивы, а иногда и взаимоисключающие. Так, кислород в определённой мере, как и кислород воздуха, с одной стороны, подавляя силы молекулярного взаимодействия трущихся ювенильных поверхностей, явно снижает адгезионную составляющую сил трения, имеющих неуравновешенное силовое поле, заменяя их значительно более слабыми силами вандерваальсовского взаимодействия и образуя защитные окисные плёнки, с другой - хрупкие окисные пленки (при внутреннем окислении) способствуют интенсивному износу инструмента.

Явным подтверждением положительного влияния кислорода являются процессы трения и резания в инертных средах, особенно в вакууме, когда между трущимися поверхностями развиваются интенсивные адгезионные явления, практически ухудшающие все выходные параметры процесса резания [2, 3, 5].

Результаты экспериментов показывают, что влияние активных и пассивных газовых сред, в основном, связано с наростообразованием, размерами нароста и его геометрической формой и, что главное, с его стабильностью. При этом максимальное влияние газовой среды наблюдается в диапазоне скоростей,

характерных для интенсивного наростообразования. С увеличением скорости резания снижается влияние газов, и, начиная с 100...125 м/мин, оно резко падает, что подтверждается зависимостями на рис.1-3

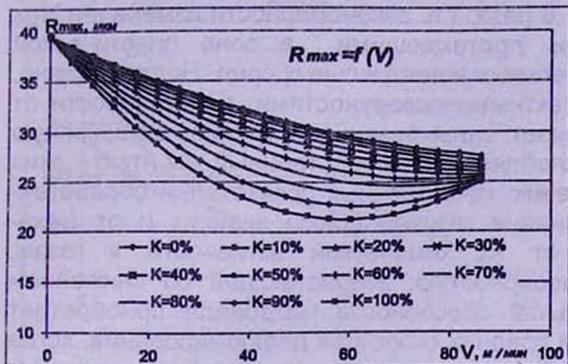


Рис.1. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от скорости резания в газовых средах (K= 0%—чистый азот, K=100% - чистый кислород), железо Армо Э10, инструмент Т15К6

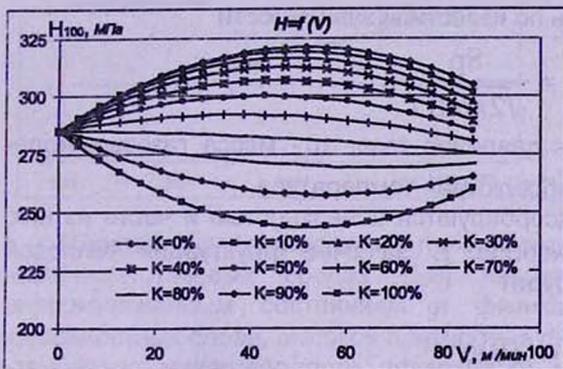


Рис.2. Микротвердость поверхности при резании в газовых средах (K= 0%—чистый азот, K=100% - чистый кислород), железо Армо Э10, инструмент Т15К6

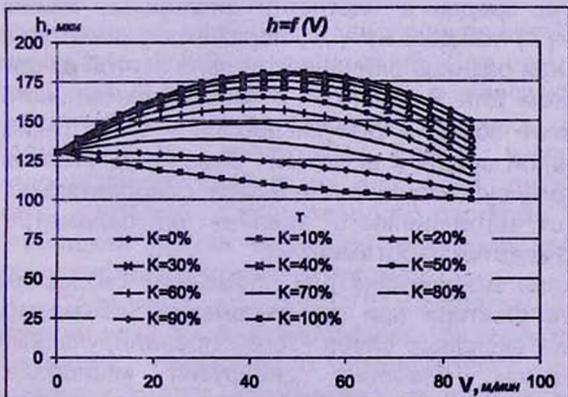


Рис.3. Глубина наклёпанного слоя при резании в газовых средах (K= 0%—чистый азот, K=100% - чистый кислород), железо Армо Э10, инструмент Т15К6

Анализ данных показывает, что при обработке в кислороде микротвёрдость поверхности и глубина наклёпанного слоя явно меньше таковых, полученных после обработки в условиях атмосферы и, особенно, в азоте. В зоне наибольшего влияния газов при переходе к азоту от кислорода H_{100} и h соответственно растут в 1,3 и 1,6 раза, т.е. закономерности изменения H_{100} и h явно обусловлены явлениями, протекающими в зоне пластической деформации под действием окислительных и нейтральных сред. Подтверждено, что кислород, проникая между контактными поверхностями, в зависимости от условий резания, существенно снижает силы резания и трения, адгезионную составляющую силы трения, ослабляя непосредственный контакт этих поверхностей и способствуя повышению качественных показателей обработанных поверхностей. Кроме того, влияние газовой среды зависит и от механических свойств материала, и от их химической активности к газам, характеризующей окислительной способностью, возрастающей со снижением углерода в материале. Окислительная способность материала приобретает особо важное значение при малых и средних скоростях деформирования, когда на контактных поверхностях адсорбционные явления и реакции окисления имеют место за счёт более высокой скорости химической реакции между материалом и окружающей средой, по сравнению со скоростью деформации. Подобный расчёт можно производить по известной зависимости

$$V_{\text{хем}} = \frac{Sp}{\sqrt{2\pi mRT}}$$

где S - вероятность адсорбции; p - давление газа; m - масса газовых молекул; R - постоянная Больцмана; T - абсолютная температура.

Так как не все молекулы адсорбируются поверхностью и часть из них, которые отражаются, получают энергию E за счёт флуктуации тепловой энергии, то вероятность адсорбции будет

$$S = \sigma f(\theta) e^{-\frac{E}{RT}}$$

где σ - коэффициент конденсации; $f(\theta)$ - вероятность покрытия θ поверхности.

Одновременно эффективность среды, в частности кислорода, можно оценить интенсивностью изменения (i) каждого из (X) параметров качества в любой точке $i = dX / dV$. Относительная разница влияния отдельно взятой среды в процентах, в сравнении с воздухом для $Ra = f(V)$, в зоне максимального влияния среды для азота составляет 300%, а для кислорода - 85%. Таким образом, при переходе от нейтральной среды к активной изменение степени влияния среды по отношению к воздуху существенно снижается, следовательно, активная среда заметно сохраняет интенсивность влияния на параметры качества поверхности, что и подтверждается работами [2-3].

Обкатка поверхностей наиболее эффективна при небольших скоростях, когда снижается влияние теплового фактора при осуществлении химических реакций, а также при возникновении оксидных слоёв. Тогда преобладающими становятся диффузионные процессы, особенно диффузия кислорода, интенсивность которой повышается с повышением степени пластической деформации. Естественно, что при некотором повышении температуры, в

случае больших усилий обкатки, все отмеченные процессы активизируются, и в результате повышается роль кислорода [5].

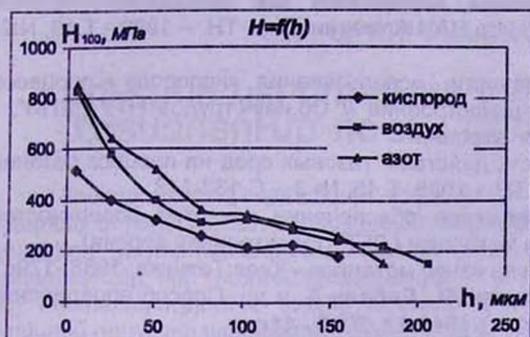


Рис.4. Зависимость микротвердости поверхности и глубины упрочнения при обкатке железа Армо Э10 в газовых средах, $P=75$ Н, $S=0,12$ м/мин

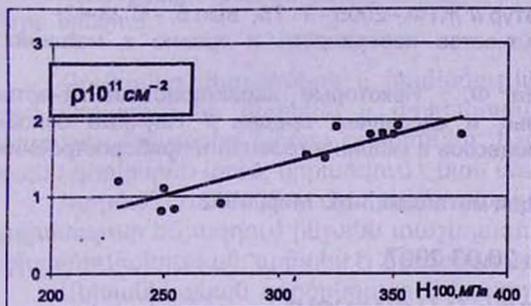


Рис.5. Зависимость микротвердость - плотность дислокаций. Сталь 45, Т5К10, $S=0,1$ мм/об, $V=49$ м/мин

Пластическая деформация поверхностей в процессе обкатки и трения в различных газовых средах [5,8] характеризуется высоким напряженно-деформированным состоянием и физико-химической активностью тонких поверхностных слоёв, высокой плотностью дислокаций (рис.5), что способствует повышению микротвёрдости поверхности и глубины наклёпанного слоя [9], протеканию химических реакций [2], которые в иных условиях маловероятны. В процессе пластической деформации возникает значительная и неравновесная концентрация вакансий и дислоцированных атомов, которые образуются в результате движения дислокаций. При этом резко возрастают диффузионные процессы [8,10]. В этих условиях, в зависимости от газовой среды, развиваются окислительные или адгезионные процессы. В среде воздуха, который занимает промежуточное положение между кислородом и азотом, вследствие недостаточного количества кислорода диффузионный поток не успевает создать сплошную плёнку твёрдого раствора, и тогда на сравнительно больших площадках трения возникает взаимная диффузия металлических атомов и развиваются адгезионные процессы.

Сравнивая процессы ППД и резания металлов, можно констатировать, что условия возникновения диффузии кислорода и оксидных слоёв – плёнок в этих процессах существенно отличаются. Однако результаты исследований показывают, что, независимо от параметров обкатки и резания, кислород является самой эффективной средой, где практически все показатели качества поверхностных слоёв значительно улучшаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Христафорян С. О процессе резания материалов как самоорганизующейся структуре по переработке вещества // Изв.НАН Армении. Сер. ТН. – 1999.- Т.49, №2. - С.145-152.
2. Латышев В., Наумов А. Об эффективности использования кислорода в процессе резания // Высокие технологии в машиностроении // Сб.науч.трудов НТУ „ХПИ“. - Харьков, 2001.- Вып.1(4) (электронная версия).
3. Касьян М., Парикян Ф. Эффективность действия газовых сред на процесс резания металлов // Изв. НАН Армении. Сер. ТН. - 1995.-Т.45, № 3. - С.132-148.
4. Ивченко Т., Легашева Т. Технологическое обеспечение качества поверхностей деталей машин экологически чистыми методами / ДГТУ (электронная версия).
5. Носовский И. Влияние газовой среды на износ металлов.- Киев:Техника, 1968.-179с.
6. Баласанян Б., Христафорян С., Парикян Ф., Бабалян А. и др. Способ определения математической модели. – Патент РА. - N1645 A2, 2005.- 11с.
7. Потапов А., Булавкин В. и др. Исследование микрорельефа обработанных поверхностей с помощью фрактальных сигнатур // ЖТФ.- 2005.- Т. 75, вып.5. - С.28-42.
8. Костяцкий Б., Колесниченко Н. Качество поверхности и трение в машинах.- Киев:Техника, 1969. -216с.
9. Касьян М., Маркарян Г., Парикян Ф. Некоторые характеристики качества поверхности при резании в активных и пассивных средах // Научные основы автоматизации производственных процессов в машиностроении и приборостроении. - М., 1974.- С.18 – 21.
10. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. - М.: Мир, 1972.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 20.03.2007.

Ֆ.Բ. ՓԱՐԻԿՅԱՆ, Ա.Ս.ԲԱԲԱՅԱՆ

ՄԱԿԵՐԵԿՈՒՅՑՆԵՐԻ ՉԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԳՈՐԾԵՆԹԱՅՈՒՄ ՉԱՋԱՅԻՆ ՄԻՋԱՎԱՅՐԵՐԻ ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱԿԵՏՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Դիտարկվել է գազային միջավայրի ազդեցությունը մետաղների կտրման և գրտնակման գործընթացներում: Հաստատվել է, որ անկախ գրտնակման և կտրման պարամետրերից, թթվածինն այն արդյունավետ միջավայրն է, որտեղ միարժեք բարելավվում են մակերևութային շերտի որակական ցուցանիշները:

Առանցքային բառեր. ինքնակազմակերպում, էկոլոգիա, մետաղների կտրում, մակերևութային պլաստիկ դեֆորմացիա, գազային միջավայր, որակ

F.H. PARIKYAN, A.S. BABAYAN

EFFECTIVENESS OF DIFFERENT GASEOUS MEDIUM APPLICATION IN THE PROCESSES

The influence of gaseous medium on the processes of cutting and running in different gaseous media is examined. Irrespective of the parameters of cutting and running-in, oxygen is the effective medium, where the quality indicators of surface layer unambiguously are improved.

Keywords: self-organization, ecology, cutting of metals, plastic deformation of surfaces, gaseous medium, quality.