

ВЛИЯНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ПОДАЧИ АБРАЗИВА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ГИДРОРЕЗАНИЯ

Денисов Александр Сергеевич, к.т.н.

Denisov Aleksandr Sergeevich

Егоров Петр Евгеньевич, к.т.н.

Yegorov Petr Yevgenevich

Если проанализировать парк выпускаемых станков мировыми лидерами, то можно сделать вывод о том, что за последние 3-10 лет количество гидроабразивных станков увеличилось в среднем на 300-400% процентов. Это говорит о постоянно увеличивающемся спросе на этот вид оборудования. Соответственно повышается и конкурентоспособность станков: развивается как сама технология, так и периферийные устройства к станкам. Сейчас на рынке гидроабразивных станков уже можно встретить пяти координатные комплексы резки, которые находят все более широкое применение.

Безусловно, разработка и внедрение комплексов такого типа связано с множеством проблем, одна из которых будет освещена в настоящей работе.

Известно, что абразивный песок, в качестве которого выступает минерал граната, в струю подается посредством эжекции. Сверхзвуковая струя, проходя камеру смешения, создает в ней разряжение, и за счет перепада давления абразив поступает в струю. Опыт эксплуатации гидроабразивного оборудования показывает, что равномерность подачи песка зависит от длины магистрали, соединяющей гидроабразивную головку и бункер с абразивом. Поэтому производители стремятся расположить емкость с песком непосредственно у головки, как можно ближе к ней. Но в многокоординатных комплексах это не всегда получается ввиду механических ограничений. В результате песок доставляется в струю порциями, что сказывается на стабильности качества реза и на рациональность использования абразива. Известно, что в процессе резания не весь абразив теряет свою режущую способность, его используют вторично [1], поэтому нашли свое применение системы рециклинга (восстановления) песка. Так вот если песок в смесительную камеру доставляется порциями, то происходит следующая ситуация: в момент, когда песок поступает в струю в малом количестве или вообще не поступает, можно наблюдать как минимум понижение качества реза, а как максимум непрорез материала, а в момент когда в смесительную камеру поступает большая порция абразива, происходит как минимум неэффективное его использование, а как максимум - заброс воды. В результате качество кромки реза получается нестабильным, а в крайнем случае деталь может быть испорчена. Поэтому избавление процесса гидрорезания от нестабильности подачи песка видится весьма актуальной задачей. Есть предположение, что равномерность подачи песка оказывает влияние на производительность процесса.

В общем смысле под производительностью обработки при резании понимается число деталей, изготавливаемых в единицу времени. Таким образом, очевидно, что чем выше подача сопловой головки, тем большая производительность резки будет наблюдаться. Для процесса гидроструйной резки под производительностью будем понимать скорость удаления (уноса) материала. Скорость удаления материала определяется как объем удаленного материала в единицу времени.

Наиболее очевидна зависимость производительности гидроабразивной резки от концентрации абразива, обеспечивающей получение высокоскоростной режущей абразивно-жидкостной струи. При малом значении концентрации абразива в воде режущая способность струи невелика, несмотря на то, что вода обладает сверхзвуковой скоростью. С увеличением концентрации абразивных частиц в струе будет возрастать и производительность резки. По закону сохранения импульса скорость струи будет падать, так как часть ее энергии будет расходоваться на разгон абразивных частиц. Дальнейшее увеличение концентрации абразивных частиц, после некоторого значения (оптимума), не приведет к повышению производительности, так как это приведет к торможению струи и, соответственно, потере необходимой для эрозионного разрушения энергии. В пользу этой теории говорят и основные результаты работы [2], представленные на рис.1. Проанализировав зависимость, изображенную на рис.1, можно сделать вывод о том, что при уменьшении количества абразива, внедряемого в сверхзвуковую струю воды, на выходе из фокусирующей трубки он (гранатовый песок) приобретает более высокую скорость.

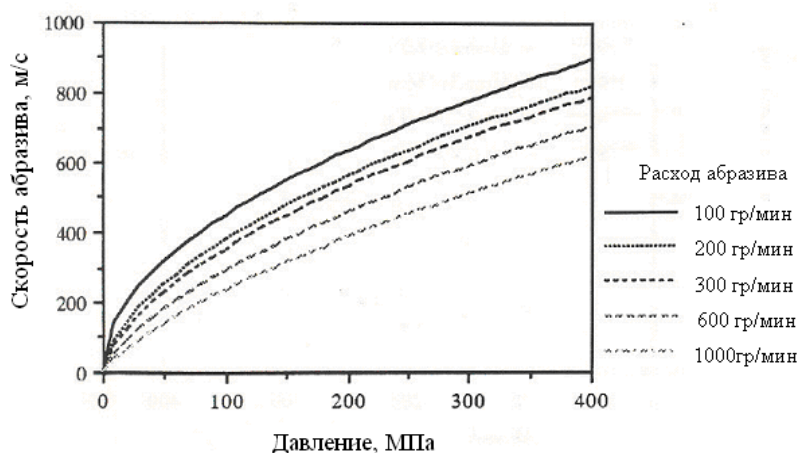


Рис. 1. Зависимость скорости частиц от давления и расхода абразива.

Таким образом, при малых значениях концентрации абразивных частиц в струе активно разрушается материал. Но число частиц, ударно воздействующих на преграду, мало и производительность процесса невелика. При большом количестве абразива в струе ее скорость падает, что приводит к уменьшению режущей способности струи и, соответственно, к уменьшению производительности. То есть, существует такое значение концентрации абразива, при котором производительность максимальна. Назовем это значение концентрации опти-

мальным. На рис.2 покажем характер изменения производительности резки как функции концентрации абразива в струе.

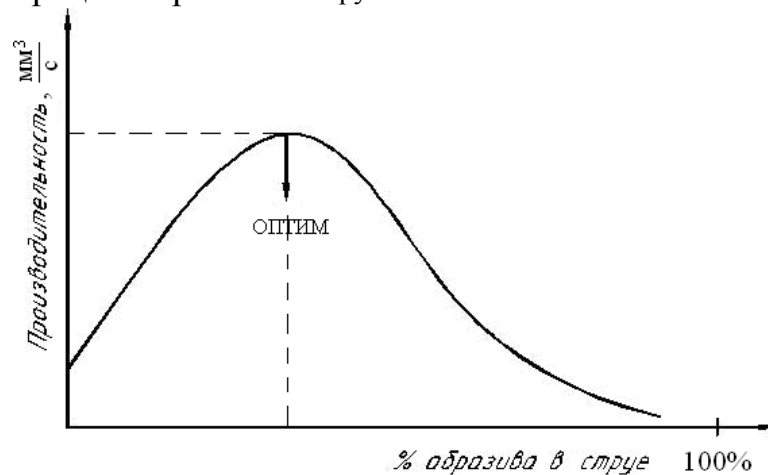


Рис. 2. Зависимость производительности от концентрации абразива в струе.

При некотором значении концентрации функция производительности гидрорезания имеет экстремум (максимум). При нулевом значении концентрации абразива, производительность не равна нулю, а больше, так как процесс эрозивного разрушения материала происходит и при резании чистой водой.

Для определения производительности была проведена серия экспериментов. Для этих целей был создан экспериментальный стенд, состоящий из следующих узлов: насосная станция высокого давления мультипликаторного типа, минибункер, закрепленный на гидроабразивной головке роботизированного комплекса (рис.3.), и универсальная пневмосхема регулирования. Принципиальная схема регулирования представлена на рис.4.

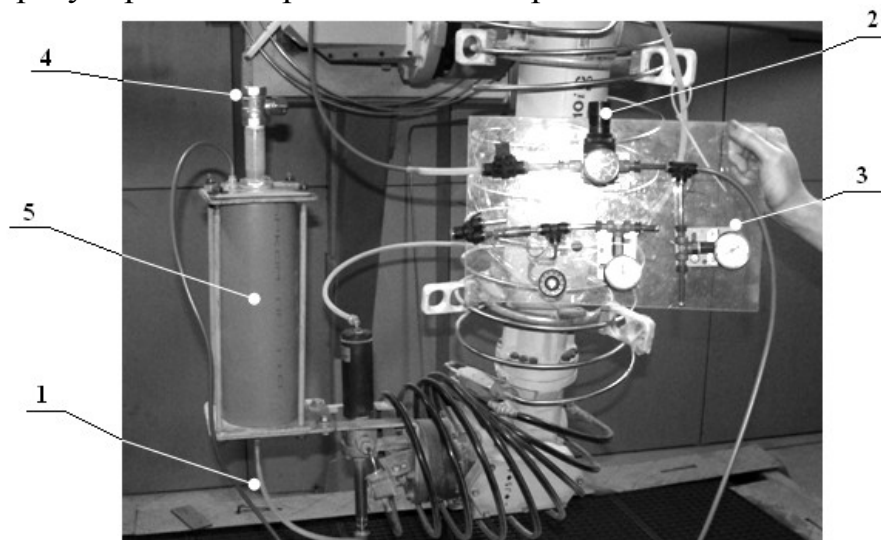


Рис.3. Экспериментальный стенд: 1 – магистраль подачи абразива, 2 - редукционный клапан, 3 – манометр, 4 – кран для загрузки абразива, 5 – абразивный бункер на работе.

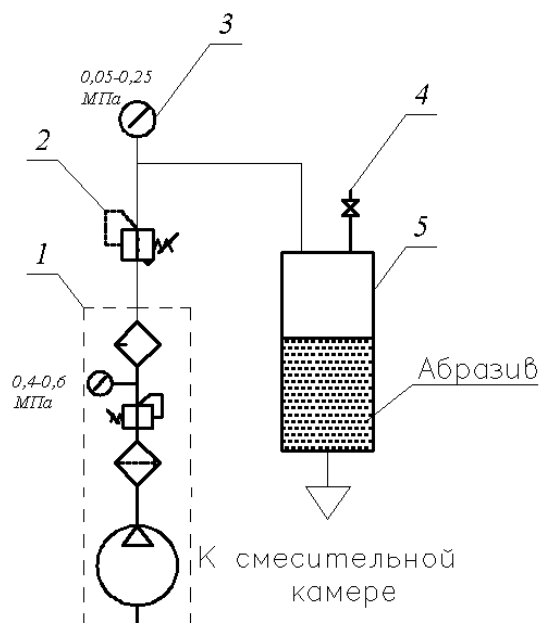


Рис.4. Принципиальная схема регулирования: 1 – блок подготовки воздуха, 2 - редукционный клапан, 3 – манометр, 4 – кран для загрузки абразива, 5 – абразивный бункер.

Суть экспериментов заключалась в том, что на заранее подготовленных заготовках были сделаны щелевые врубы (непрорезанная область). В качестве образцов брали заготовки размерами 65x65x16 из стали 45 со следующими характеристиками: $\rho=7200\text{кг/м}^3$, предел прочности $\sigma_B = 550\text{-}600\text{ МПа}$. Для повышения точности экспериментальных результатов заготовки прорезались 12 линиями. На рис.5 показана заготовка после эксперимента.

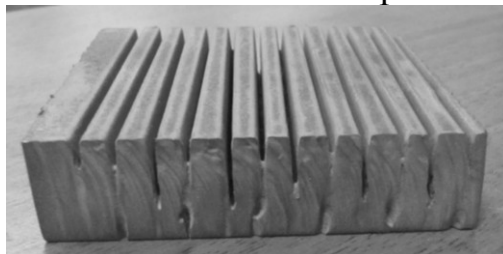


Рис.5. Заготовка после эксперимента.

Скорость удаления материала, а, следовательно, и производительность, подсчитывалась через замер веса изделия после несквозного резания.

Равномерный поток абразивного песка, изображенный на рис.6., поступающий в смесительную камеру гидробразивной головки, создает стабильную по распределению абразива струю, что повлекло за собой повышение производительности резания.



Рис.6. Поток абразива в магистрали.

Была произведена серия экспериментов по определению скорости объемного уноса материала (сталь 45) в зависимости от количества абразива, поступающего в смесительную камеру. По этому критерию были сравнены 3 способа регулирования подачи абразива, результаты представлены на рис. 7.

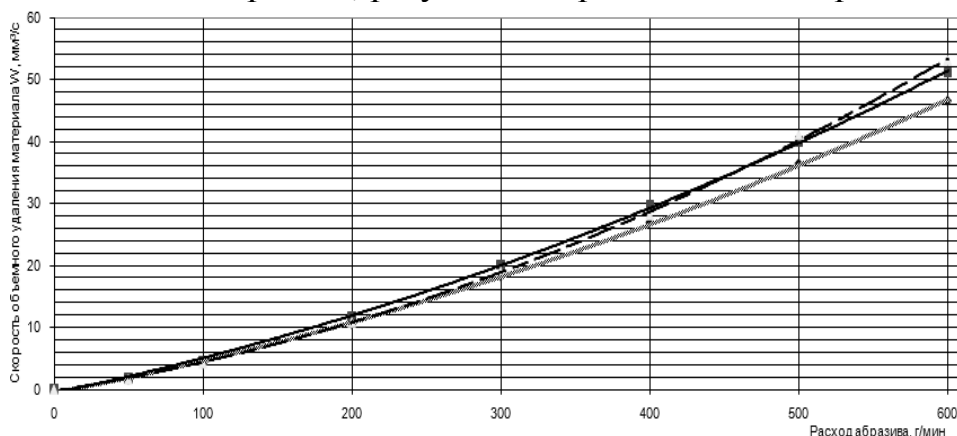


Рис.7. Зависимость между объемной скоростью удаления материала и расходом абразива, со скоростью перемещения $V=4$ мм/с, давление резания $P=350$ МПа (регулирование расхода: "....."- шайбами; "—"- подпором; "- -"- эжекцией).

Эксперименты показали, что за счет равномерного потока абразива, подаваемого в смесительную камеру, производительность процесса реза повышается от 7% до 13% в зависимости от расхода абразива, давления струи и скорости подачи сопловой головки. Экспериментальным образом установлено, что время сквозного прокола стали и алюминия сокращается до 29% в зависимости от толщины и его свойств. Измерение качества поверхностей реза, полученных при разных системах доставки абразива, показало, что средняя высота микронеровностей R_a сокращается на 16%, причем в процессе эксплуатации системы нестабильности качества поверхности реза (заусенцев) выявлено не было.

Таким образом, экспериментальные исследования позволяют сделать вывод о том, что равномерность подачи абразива увеличивает производительность процесса гидрорезания.

Литература

1. “A New Abrasive Recycling System” WJTA Jet News, March 2002
2. Material removal analysis in abrasive waterjet cutting of ceramic plates. H. Hocheng and K.R. Chang , Departament of power mechanical engineering, National Tsing University, Hsinchu, Taiwan, ROC. March 10, 1993