



*The results of analysis of the working of drawing equipment of RUP "Rechitskij hardware plant" are given and the way of increase of its efficiency is indicated.*

В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, НАН Беларуси, М. Л. ГЕРМАН, Н. В. ЯКУТОВИЧ, ИТМО НАН Беларуси, Н. Л. МАНДЕЛЬ, БНТУ, В. Г. САМОНЧИК, РУП «РМЗ»

УДК 621.778.669

## ПРИМЕНЕНИЕ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ВОЛОКИ В МЕТИЗНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ РУП «РЕЧИЦКИЙ МЕТИЗНЫЙ ЗАВОД»

На РУП «РМЗ» для получения волок используются твердосплавные заготовки производства Кировоградского завода твердых сплавов, которые затем обрабатываются в заводской мастерской в соответствии с действующей технологической инструкцией ТИ от 25.02.2004 г. «Механическая обработка твердосплавных волок на станке ПТ-177». На заводе принята практика использования волок с одной геометрией основных зон рабочего канала для всего маршрута волочения проволоки. Требуемые углы рабочих зон волок обеспечиваются шлифованием отверстий специальными иглами с абразивным порошком. Замеры, сделанные на образцах новых волок перед их установкой на волочильный стан, показывают, что рекомендуемые углы по зонам волоки не всегда выдерживаются постоянными и имеют колебания, что объясняется несовершенством используемой технологии шлифовки волок.

На заводе имеется значительный резерв увеличения стойкости волочильного инструмента и, в частности, твердосплавных волок, стоимость которых составляет от 2,3 до 4,2 долл. США за единицу, а общий расход в год достигает 80 тыс. долл. США. Нормативный расход волок по предприятию — 0,32 волоки на тонну протянутой через нее проволоки, т.е. в среднем на одной волоке протягивается 3 т проволоки до ухода ее линейных размеров (диаметра) на 0,25 мм. В то же время имеют место факты протяжки на одной волоке до 8 т проволоки.

Анализ работы волочильного инструмента показал, что основными причинами такого большого разброса стойкости инструмента являются:

1) недостаточное качество шлифовки рабочих поверхностей новых волок, в результате чего качество поверхности отработавшей волоки ока-

зывается выше, чем у новой. Это приводит к повышению трения в очаге деформации, усилия волочения, увеличению температуры проволоки и твердосплавной волоки и соответственно к повышенному расходу инструмента и снижению качества проволоки;

2) недостаточное охлаждение волок, что приводит к эксплуатации твердосплавного инструмента на повышенных температурах и соответственно к повышенному износу рабочих поверхностей;

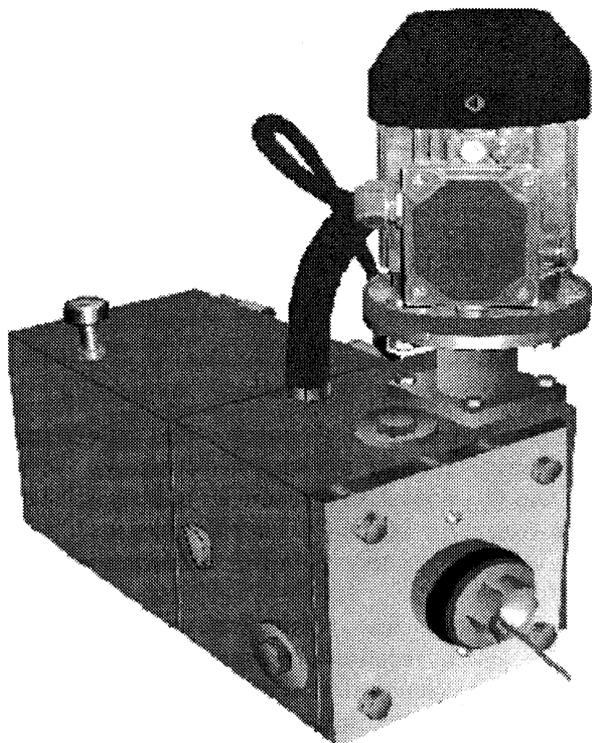
3) качество и точность геометрии (наплывы, заусеницы, овальность и т.п.) исходной катанки, что приводит к увеличению усилия волочения, повышению неравномерности износа инструмента и овальности готовой проволоки;

4) зависание смазки в мыльнице, что приводит к неравномерности смазки и соответственно повышению трения в очаге деформации и повышенному износу твердосплавного инструмента.

Следует отметить, что названные выше причины в условиях РУП «РМЗ» относятся к разряду трудноустраняемых. Тем не менее, проведенный анализ показал, что их отрицательное влияние может быть существенно снижено за счет изменения конструкции волочильного инструмента — применения вращающихся волок с интенсивным охлаждением твердосплавного инструмента и принудительным ворошением смазки, что должно позволить снизить усилие волочения; повысить равномерность износа твердосплавного инструмента; снизить овальность проволоки после волочения; уменьшить эксплуатационные температуры твердосплавного инструмента; улучшить равномерность смазки.

Исходя из этих предпосылок, авторы разработали новую конструкцию вращающейся волоки

ВВ-1А, которая была изготовлена силами РУП «РМЗ» (см. рисунок) и предназначена для волочения проволоки диаметром от 1,2 до 6,5 мм. Вращение волочильного инструмента осуществляется двигателем переменного тока мощностью 180 Вт, снабженного частотным преобразователем для плавной регулировки частоты вращения инструмента от 6 до 30 об/мин.



Волока вращающаяся ВВ-1А

Вращающаяся волока ВВ-1А была испытана в производственных условиях. Первое испытание проводили при волочении проволоки диаметром 2,73 мм с установкой вращающейся волоки на последнем блоке проволочного стана. Волочение осуществляли со скоростью 8 м/с. После того, как через одну рабочую твердосплавную волоку протянули 21 т проволоки и прекратили процесс волочения в связи с изменением производственной программы, выяснилось, что волока находится в рабочем состоянии — износ составил 0,15 мм, т.е. процесс волочения можно было продолжать дальше. Таким образом, первое испытание показало увеличение стойкости твердосплавного инструмента более чем в 5 раз. Еще раз отметим, что нормативный расход твердосплавного инструмента в условиях РУП «РМЗ» на существующих волоках составляет 0,32 волоки на 1 т протянутой проволоки, т.е. чуть более 3 т на одну волоку. Кроме того, замеры овальности готовой проволоки показали полное ее отсутствие, а измерение силы тока, потребляемого двигателем тянущего барабана, — его уменьшение на 4 А в сравнении с обычно применяемыми

на РУП «РМЗ» волоками — 34 А, т.е. энергопотребление тянущим двигателем снизилось на 10%. Измерение температуры проволоки на катушке показало, что температура снизилась на 8 °С в сравнении с применением обычной волоки и составляла 142 °С.

Второе испытание проводили при волочении проволоки диаметром 3 мм. Целью испытания являлось определение максимального количества проволоки, которую можно протянуть на одной твердосплавной волоке. В результате до выхода размеров твердосплавной волоки из допуска — 0,25 мм было протянуто 54 т проволоки, что более чем в 15 раз больше, чем при протяжке в существующих волоках РУП «РМЗ». При этом овальности проволоки также не наблюдалось. Энергопотребление двигателя тянущего барабана снизилось на 10%.

Таким образом, можно констатировать, что разработанная вращающаяся волока ВВ-1А успешно прошла испытания, а ее применение дало возможность снизить ресурс- и энергопотребление проволочного стана. Анализ причин многократного увеличения стойкости твердосплавного инструмента и снижения энергопотребления двигателя тянущего барабана позволяет сделать следующие выводы, относительно причин, их вызвавших:

- применение активного охлаждения рабочей волоки позволило интенсифицировать теплообмен в узле деформации, что привело к снижению рабочей температуры волоки и соответственно многократному увеличению ее стойкости;
- применение вращения рабочей волоки позволило полностью ликвидировать такой дефект готовой проволоки, как овальность;
- применение активного перемешивания смазки в мыльнице волоки позволило улучшить смазку проволоки, что в свою очередь совместно с применением вращения деформирующего инструмента позволило снизить трение в узле деформации и соответственно уменьшить усилие волочения. Это привело к снижению энергопотребления двигателем тянущего барабана и увеличению стойкости волоки.

Исходя из результатов испытаний, появилась возможность приблизительно оценить экономический эффект от замены обычных волок, эксплуатируемых на проволочных станах РУП «РМЗ», разработанными вращающимися волоками. При стоимости новой, нешлифованной волоки от 2,3 до 4,2 долл. США (у.е.) даже без учета затрат на ее шлифовку среднюю стоимость волочильного инструмента для оценки экономического эффекта можно положить равной 3,25 у.е., стоимость электроэнергии — 0,04 у.е./кВт·ч).

Для стандартной волоки в условиях первого испытания получено.

1. Удельный расход твердосплавного инструмента на одной волоке — 0,32 шт./т, что в денежном выражении составляет 1,04 у.е./т.

2. Удельный расход электроэнергии в 1 ч для работы двигателя тянущего барабана определяется в зависимости от силы тока соотношением

$$P = \sqrt{3} U_n I_n \cos \varphi \eta \cdot 10^{-3} \text{ кВт} \approx$$

$$\approx 1,73 \cdot 380 \cdot 34 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \approx 17,1 \text{ кВт},$$

что в денежном эквиваленте с учетом производительности 1,6 т/ч составляло  $17,1 \cdot 0,04/1,6 \approx 0,43$  у.е./т.

3. Суммарный удельный расход материалов и энергии на одной волоке — 1,47 у.е./т.

Для вращающейся волоки ВВ-1А в тех же условиях получено.

1. Удельный расход твердосплавного инструмента на одной волоке снизился и с учетом максимально достигнутой стойкости инструмента (1шт. на 54 т проволоки) стал равен  $1/54 \approx 0,019$  шт./т, что в денежном выражении составляет 0,06 у.е./т.

2. Удельный расход электроэнергии в 1 ч для работы двигателя тянущего барабана в связи со снижением силы тока до 30 А снизился до

$$\approx 1,73 \cdot 380 \cdot 34 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \approx 17,1 \text{ кВт},$$

что в денежном эквиваленте с учетом производительности 1,6 т/ч составило  $15,1 \cdot 0,04/1,6 \approx 0,38$  у.е./т.

3. Суммарный удельный расход материалов и энергии на одной волоке — 0,44 у.е./т.

Следует особо отметить, что здесь не учтен экономический эффект от повышения производительности станков, связанной с уменьшением количества его простоев за счет снижения числа замены волок, а также за счет возможности увеличения скорости волочения при сохранении качества проволоки, что связано с уменьшением на 10% усилия волочения. И тем не менее, принимая во внимание, что РУП «РМЗ» имеет 10 волочильных станков с суммарной кратностью 31 (т.е. средняя кратность стана равна 3,1), через которые в 2005 г. было протянуто 79 800 т проволоки, можно примерно оценить количество энергии и твердосплавного инструмента, необходимого для такого производства в случае использования стандартных волок и вновь разработанных вращающихся волок. Итак, в случае стандартных волок мы имеем их примерный расход в количестве  $0,32 \text{ шт./т} \cdot 79 800 \text{ т/год} \cdot 3,1 \approx 79 000$  шт./год, а с учетом того, что волоки перешлифовываются с меньшего размера на больший в среднем три раза получаем примерно 26 000 шт., что в денежном выражении в среднем составляет 85 000 у.е./год. Расход электроэнергии в среднем  $0,43 \text{ у.е./т} \cdot 79 800 \text{ т/год} \cdot 3,1 \approx 106 000$  у.е./год. Общий расход энергии и твердосплавных волок на волочильных станах без учета заработной платы, а также затрат, связанных с механической обработкой твердосплавных

волок и прочих затрат, на производство 79 800 т проволоки составляет в денежном выражении приблизительно 191 000 у.е. В случае применения вращающихся волок на всех станах мы имеем их примерный расход в количестве  $0,02 \text{ шт./т} \cdot 79 800 \text{ т/год} \cdot 3,1 \approx 4950$  шт./год, а с учетом того, что волоки перешлифовываются с меньшего размера на больший в среднем три раза получаем примерно 1650 шт., что в денежном выражении в среднем составляет 5360 у.е./год. Расход электроэнергии в среднем  $0,38 \text{ у.е./т} \cdot 79 800 \text{ т/год} \cdot 3,1 \approx 94 000$  у.е./год. Общий расход энергии и твердосплавных волок на волочильных станах без учета заработной платы, а также затрат, связанных с механической обработкой твердосплавных волок и прочих затрат, на производство 79 800 т проволоки составляет в денежном выражении приблизительно 99 360 у.е., а экономический эффект от их использования — более 90 000 у.е./год.

Произведем предварительный расчет повышения производительности станков, связанной с уменьшением количества простоев стана за счет снижения числа замены волок. В случае стандартных волок их примерный расход составляет 0,32 шт./т, следовательно, на одной волоке протягивается  $1/0,32 = 3,12$  т проволоки. С учетом производительности 1,6 т/ч получаем, что примерно каждые 2 ч ( $3,12/1,6 = 2 \text{ ч} = 120$  мин) волоку необходимо менять на новую. С учетом того, что время замены одной волоки составляет около 15 мин, а средняя кратность стана равна 3,1, на замену инструмента одного стана потребуется около 45 мин. Таким образом, отношение времени простоев оборудования ко всему времени работы  $45/(120+45) = 0,27$ . При годовом фонде рабочего времени на РУП «РМЗ», равном 6114 ч, получаем, что затраты времени только на замену волок на одном стане составят  $6114 \text{ ч} \cdot 0,27 = 1651$  ч/год, а на 10 станах — 16 510 ч/год. Аналогично рассчитаем время простоев оборудования в случае применения вращающихся волок на всех станах. На одной волоке можно протянуть 54 т проволоки, т.е. замену волоки необходимо производить каждые  $54/1,6 = 33,75 \text{ ч} = 2025$  мин. Отношение времени простоев оборудования ко всему времени работы составит уже  $45/(2025+45) = 0,022$ , а затраты времени на замену волок на одном стане —  $6114 \text{ ч} \cdot 0,022 = 135$  ч/год, а на 10 станах — 1350 ч/год. Экономия рабочего времени, таким образом, составит  $16510 - 1350 = 15 160$  ч/год. За это время при средней производительности станков в 1,6 т/ч можно произвести около 24 250 т проволоки. Таким образом, при замене стандартных волок на вращающиеся рост производительности может составить около 30%.

В заключение отметим, что проведенная работа и достигнутые технико-экономические показатели, а также оценки экономической эффективности и повышения производительности станков показывают целесообразность замены стандартных волок на вращающиеся волоки типа ВВ-1А на проволочных станах СПЦ РУП «РМЗ».