

**Павел Иванович Глинских<sup>1,2\*</sup>, Кирилл Тимиргалеевич Исякаев<sup>1,2</sup>, Юрий Николаевич Логинов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Уральский Федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод», г. Каменск-Уральский, Россия

\**GlinskihPI@kumw.ru*

## АДГЕЗИЯ К ИНСТРУМЕНТУ ПРИ ПРОКАТКЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Выполнена подборка материалов, описывающих последствия повышенной адгезии алюминиевых сплавов к материалу прокатного инструмента. В том числе рассмотрено различие во взаимодействии при прокатке алюминиевых сплавов, содержащих различное количество магния. Приведены примеры повышенной адгезии свинца, платины и медных сплавов. Выполненные в производственных условиях наблюдения показали на чувствительность процесса налипания алюминия от концентрации эмульсии и показателей прочности алюминиевых сплавов.

*Ключевые слова:* алюминиевые сплавы, прокатка, адгезия, смазочно-охлаждающие жидкости, эмульсия.

***Pavel I. Glinskih, Kirill T. Isyakaev, Yuri N. Loginov***

## ADHESION TO TOOLS WHEN ROLLING ALUMINUM ALLOYS

A selection of materials has been made that describe the consequences of increased adhesion of aluminum alloys to the material of rolling tools. In particular, the difference in interaction during rolling of aluminum alloys containing different amounts of magnesium is considered. Observations. Examples of increased adhesion are given for lead, platinum and copper alloys. Observations carried out under production conditions showed the sensitivity of the aluminum adhesion process to the concentration of the emulsion and the strength indicators of aluminum alloys.

*Key words:* aluminum alloys, rolling, adhesion, cutting fluids, emulsion.

Имеется резкое различие проявлений адгезии при прокатке черных и цветных металлов. Если рассматривать процесс горячей деформации, то процесс прокатки стали ведут при использовании технической воды в качестве охлаждающей среды. Это наиболее дешевый вариант отъема тепла от инструмента, направленный на то, чтобы не допустить перегрева валков выше температуры отпуска и тем самым не допустить снижения прочностных характеристик инструмента. Практически полное отсутствие здесь смазочного эффекта объясняется пониженной адгезией прокатываемого материала к

инструменту, в какой-то мере исключением являются стали, содержащие никель.

Однако при переходе к прокатке цветных металлов ситуация усложняется. Особенно она становится заметной при переходе к прокатке металлов, налипание которых на валки резко меняет цвет их поверхности. Например, медь и ее сплавы обладают различными оттенками желтого цвета. В результате поверхность валков станов желтой и ясно видны зоны контакта, что позволяет изучать процессы проскальзывания [1].

Практически не видны последствия налипания свинца на поверхность валков из-за совпадения цветности стали и свинца, но из-за возможности отслеживать опережение и пересчитывать его на показатели трения, удастся отследить процесс налипания [2]. Похожая ситуация возникает при прокатке платины [3].

В эпоху освоения приемов производства изделий из алюминия было сделано предварительное и слишком скоропалительное заключение о невозможности прокатки этого металла: валки покрывались алюминием, наступало схватывание материала валков с прокатываемым металлом и заготовку разрывало с оковом валков.

На рис. 1, *а* приведено фото заалюминивания опорного валка после окова рабочих валков. Видно, что часть металла (рис. 1, *б*) фрагментарно отслоилась и прилипла к рабочей поверхности инструмента.



Рис. 1. Опорный валок: *а* – заалюминивание после окова рабочих валков; *б* – увеличенный фрагмент поверхности

По мере освоения смазочных материалов вышли на организацию процесса прокатки с эмульсиями различного состава, что позволяет в настоящее время выпускать листовой прокат из алюминиевых сплавов различных типоразмеров. В настоящее время службы подготовки и регенерации эмульсии составляют важнейшую часть технологического обеспечения процесса прокатки. Для оценки кинематики подачи эмульсии на рис. 2 представлен четвертый проход горячей прокатки слябовой заготовки из алюминиевого сплава В95.



Рис. 2. Контактные условия горячей прокатки с подачей эмульсии на слябовую заготовку из сплава В95 (4 проход – толщина сляба на входе 457 мм):  
1 и 2 – рабочие валки, 3 - заготовка

Процесс адгезии алюминия и стали в условиях влияния различных факторов изучен недостаточно. Это объясняется тем, что сам процесс поверхностного взаимодействия в реальных условиях производства не является стационарным. Действительно, валки подвергаются износу, эмульсия подвергается загрязнению и старению, заготовки выполнены из разных сплавов с различной температурой нагрева перед горячей прокаткой, прокатываются с различным обжатием и при различных скоростях. Список факторов может быть продолжен.

Зону поверхности валка, которая подверглась налипанию, можно лучше разглядеть, если рассматривать ее тональность относительно зоны, где воздействие на инструмент не происходило. Это становится ясным, если рядом расположены и та и другая поверхность, что показано на рис. 3, рабочий валок стана вынесен за пределы клетки вместе с подушками.



Рис. 3. Зона контакта алюминия с рабочим валком стана горячей прокатки (посередине)

Среди существующих работ в данном направлении можно отметить опыты канадских исследователей, выполненные при температуре 440°C для алюминиевых сплавов серии 5XXX [4]. Установили, что при наличии гаммы алюминиевых сплавов, содержащих магний, наименьшей адгезией будут обладать сплавы, содержащие, наибольшие количества магния, что объяснено

лучшим барьерным эффектом, который создается оксидом магния по сравнению с оксидом алюминия. В другой статье [5] уделяется внимание процессам, происходящим на контакте карбидов стали на поверхности валка и оксидами магния на поверхности прокатываемой полосы.

Выполненные в условиях прокатного производства ПАО «Каменск-Уральский металлургический завод» наблюдения по процессу заалюминивания показывают, что ему больше подвержены рабочие валки чистовой клетки стана, т.к. в этом случае реализуются большие обжатия (до 60% на чистовой клетки и до 35% на черновой клетки). Заалюминивание выявляется после прокатки "мягких сплавов" марок А5, АМц, АМг2, АМг3 (с содержанием Mg до 3,5%). Эту особенность можно объяснить тем, что более мягкий деформируемый металл легче вдавливаются в микронеровности поверхности инструмента и при последующем скольжении происходит срез, при этом часть металла остается в микровпадинах [6]. В следующем проходе эта часть металла может быть вырвана из микровпадины и перейти на поверхность валка.

Интенсивность заалюминивания рабочих валков напрямую зависит от свойств смазочно-охлаждающих жидкостей СОЖ (концентрации базового прокатного масла, количества подачи СОЖ в очаг деформации, температуры, гидрофобной вязкости и стабильности эмульсии), используемой при горячей прокатке. Так, при концентрации СОЖ 2,0-3,0% на чистовой клетки стана горячей прокатки наблюдается интенсивное заалюминивание рабочих валков. При повышении концентрации до 4,0÷5,0% заалюминивание резко снижается.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Логинов Ю. Н. Механизм образования дефектов на полосе при прокатке от налипания на валке / Ю. Н. Логинов, Ю. В. Иналович // Производство проката. 2008. № 8. С. 5–7.
2. Логинов Ю. Н. Налипание металла на валки при листовой прокатке / Ю. Н. Логинов // Производство проката. 2006. № 10. С. 9–13.
3. Логинов Ю. Н. Изучение трения при листовой прокатке платины и ее сплавов / Ю. Н. Логинов, Г. И. Студенок // Производство проката. 2010. № 7. С. 14–16.
4. Riahi A. R. Effect of magnesium content on the high temperature adhesion of Al–Mg alloys to steel surfaces / A. R. Riahi, A. Edrissy, A. T. Alpas. // Surface and Coatings Technology. 2009. V. 203. № 14. P. 2030–2035.
5. Gali O. A. The formation of micro-blisters on Al–Mg alloy surfaces during hot rolling / O. A. Gali, M. Shafiei, J. A. Hunter, Q. Zhao, A. R. Riahi // Tribology International. 2015. V. 87. P. 65-71.
6. Логинов Ю. Н. Концепция описания деформации заготовки, имеющей неровную поверхность / Ю. Н. Логинов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2004. № 5. С. 29–33.

## REFERENCES

1. Loginov Yu. N. Mechanism of formation of defects on a strip during rolling from sticking on the roll / Yu. N. Loginov, Yu. V. Inatovich // Production of rolled products. 2008. №. 8. P. 5–7
2. Loginov Yu. N. Metal sticking to rolls during sheet rolling / Yu. N. Loginov // Production of rolled products. 2006. № 10. P. 9-13.
3. Loginov Yu. N. Study of friction during sheet rolling of platinum and its alloys / Yu. N. Loginov, G. I. Studenok // Production of rolled products. 2010. № 7. P. 14–16.
4. Riahi A. R. Effect of magnesium content on the high temperature adhesion of Al–Mg alloys to steel surfaces / A. R. Riahi, A. Edrisy, A. T. Alpas. // Surface and Coatings Technology. 2009. V. 203. № 14. P. 2030–2035.
5. Gali O. A. The formation of micro-blisters on Al–Mg alloy surfaces during hot rolling / O. A. Gali, M. Shafiei, J. A. Hunter, Q. Zhao, A. R. Riahi // Tribology International. 2015. V. 87. P. 65-71.
6. Loginov Yu. N. Concept of description of deformation of a workpiece with an uneven surface / Yu. N. Loginov // Izvestiya Ferrous Metallurgy. 2004. № 5. P. 29-33.