

Рис. 7. Поля распределения скорости деформации в заготовке на этапах четвертого перехода ХОШ

Таким образом, анализ результатов компьютерного моделирования установил, что усовершенствованная схема высадки наконечников тормозных шлангов является более предпочтительной при серийном производстве этих изделий, поскольку способна обеспечить бездефектное формообразование изделий с заданными формой и размерами.

Список литературы

1. Овчинников С.В. Прогрессивная технология изготовления наконечников тормозных шлангов методом холодной объемной штамповки // КШП ОМД. 2010. № 3. С. 9-13.
2. Пат. 2428273 РФ, МПК В21К 1/16, F16L 33/00. Способ изготовления корпуса наконечника тормозного шланга / Овчинников С.В., Майстренко В.В., Галиахметов Т.Ш. Опубл. 10.09.2011. Бюл. № 25.

Bibliography

1. Ovchinnikov S.V. The progressive technology of tip brake hoses by cold forging // Forging and stamping production. Materials Handling Pressure. 2010, №3. P. 9-13.
2. Pat. 2428273 of the Russian Federation IPC B21K 1/16, F16L 33/00. A method of making the body a tip brake hose / Ovchinnikov S.V., Maistrenko V.V., Galiakhmetov T. Sh. Print. 10.09.2011. Part. № 25.

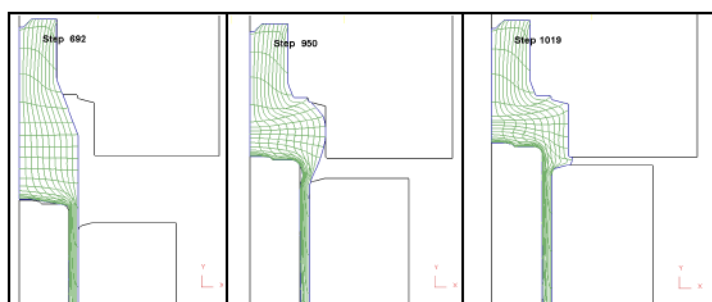


Рис. 8. Трансформация координатной сетки заготовки на этапах четвертого перехода усовершенствованной схемы ХОШ

УДК 621.771.06:621.892

Платов С.И., Макаров А.Н., Баранов Г.Л., Дёма Р.Р., Ярославцев А.В.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКЕ ЗА СЧЕТ СОЗДАНИЯ РЕЖИМА ЭЛАСТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ В МЕЖВАЛКОВОМ КОНТАКТЕ. СООБЩЕНИЕ 1

В данной работе доказано, что при горячей прокатке металла с использованием технологических смазок в межвалковом узле клетки «кварто» реализуется эластогидродинамический режим трения. Построены зависимости, показывающие наличие данного режима в процессе прокатки для всего сортамента выпускаемой продукции в зависимости от групп энергоэффективности. Проведенные исследования связаны в первую очередь с отсутствием в источниках информации, раскрывающей суть этой проблемы.

Ключевые слова: горячая прокатка, смазочный материал, система подачи технологической смазки.

In this paper we prove that for hot-rolled metal, using lubricants, mezhvalkovom node in the cage, «quarto», sold elasto-hydrodynamic regime of friction. The dependences of showing the existence of the regime during the rolling process for the entire range of products, depending on the energy efficiency groups. The studies relate primarily to the lack of sources of information, revealing the essence of the problem.

Key words: hot rolling, lubricant, lubricant supply system technology.

Расширение сортамента выпускаемой продукции на станах горячей прокатки, в том числе труднодеформируемых марок сталей ($\sigma_0 > 80$ МПа), сопровождается увеличением энергосиловых параметров процесса, что отражается на высоком потреблении электроэнергии.

Одним из прогрессивных способов снижения энергосиловых параметров в технологии горячей прокатки является применение систем подачи технологической смазки (СТС).

В настоящее время на стане «2000» ОАО «ММК», в первых трех клетях чистовой группы, используется

СТС, подающая жидкий, смазочный материал на поверхность опорного вала со стороны выхода металла из клетки (рис. 1). Согласно ТИ 374-2010 ОАО «ММК» смазочный материал подается в постоянном объеме: верхний коллектор 0,08 л/мин, нижний коллектор 0,10 л/мин.

Экспериментально установлено, что применение жидких смазочных материалов позволяет снизить нагрузку на валу главного привода на 3–5% [1-3, 9-12].

В работе [13] приведены численные результаты снижения на 7–10% момента трения между рабочим и опорным валками $M_{тр(n)}^{p-0}$ при подаче СМ. Снижение

$M_{тр}$ на наш взгляд, обусловлено возникновением эластогидродинамического режима трения в межвалковом контакте клетки «кварто».

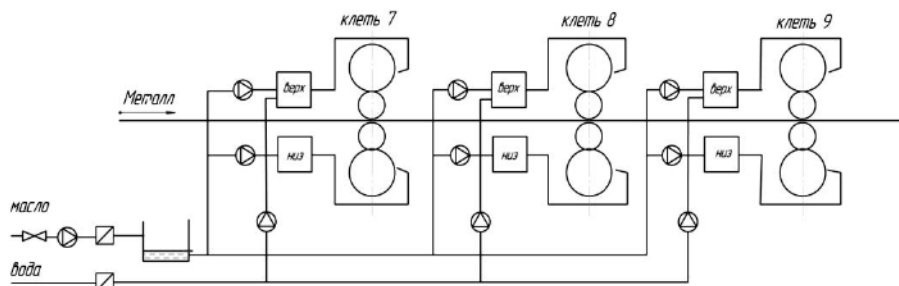


Рис. 1. Схема системы подачи технологической смазки, установленной на ШСГП 2000 ОАО «ММК»

В качестве безразмерного параметра λ , характеризующего режим трения в контакте при наличии эластогидродинамического режима смазывания [4-5], принимают соотношение

$$\lambda = \frac{h_0}{\sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}}, \quad (1)$$

где R_{a1} и R_{a2} – среднеарифметическое отклонение шероховатости контактирующих поверхностей в рассматриваемой точке, мкм.

В зависимости от величины λ разделяют граничный, жидкостный и эластогидродинамический режимы трения, которые лежат в пределах $1 < \lambda < 10$.

Параметры R_a определялись экспериментально, с помощью профилометра модели «TR200 Roughness Tester TIME Group Inc.».

h_0 – толщина смазочной пленки, мкм, определяется согласно формуле И.Д. Ратнера [6,7]:

$$h_0 = 3,17 \cdot (\eta_0 \cdot U_{\Sigma})^{0,75} \cdot \alpha^{0,6} \cdot \rho_{np}^{0,4} \cdot q_m(x)^{-0,15}, \quad (2)$$

где η_0 – динамическая вязкость масла при атмосферном давлении и рабочей температуре, Па·с; U_{Σ} – скорость скольжения трущихся поверхностей (в данной работе была принята скорость прокатки), м/с; α – пьезокоэффициент вязкости, Па⁻¹; ρ_{np} – приведенный радиус кривизны поверхностей трения, м; $q_m(x)$ – погонная нагрузка (давление металла на валок), определена согласно [14], Н/м.

Расчетные значения толщины слоя смазочного материала h_0 на 7-й клетки для стали 10Г2ФБЮ 8x1250 представлены на рис. 2.

Согласно ТИ 374-2010 ОАО «ММК» температура поверхности рабочего вала не должна превышать 80 град. Экспериментально определено, что количество подаваемого смазочного материала на поверхности рабочих валков (0,08–0,10 л/мин) не изменяют их тепловое состояние. Поэтому дальнейший расчет будет производиться для смазочного материала с динамической вязкостью при $T=80^{\circ}C$ $\eta_0=11,47$ Па·с. (данные получены экспериментальным путем).

Для стали 10Г2ФБЮ 8x1250 мм толщина слоя смазочного материала $h_0=6,894$ мкм, $\lambda=3,2$. Полученное значение λ доказывает наличие эластогидродинамического режима смазки, способствующего

снижению суммарного момента трения, токовой загрузки, момента двигателя и распределенной погонной нагрузки в межвалковом контакте.

Для режима эластогидродинамики коэффициент трения определяется по формуле [15]

$$f_2 = \frac{\eta \cdot U_s}{h_0 \cdot p}, \quad (3)$$

где U_s – скорость прокатки, м/с; h_0 – толщина слоя смазочного материала, мкм; p – усилие прокатки (принимается значение погонной нагрузки); η – динамическая вязкость смазочного материала Па·с.

Численные результаты, фиксирующие снижение коэффициента и момента трения, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов момента трения между опорным и рабочим валком, силы трения и коэффициента трения для 7 клетки

Процесс прокатки	Момент трения между опорным и рабочим валками $M_{тр}^{p-o}$	Сила трения	Коэффициент трения
Без смазочного материала (1)	$4,3 \cdot 10^6$ Н·м	$5,38 \cdot 10^6$ Н	0,34
С подачей смазочного материала (2)	$4,03 \cdot 10^6$ Н·м	$5,03 \cdot 10^6$ Н	0,21

Сортамент прокатываемого металла на НШСГП 2000 ОАО «ММК» достаточно разнообразен. Для качественной оценки влияния СМ на энергосиловые параметры процесса в работе [13] была предложена классификация прокатываемого металла по геометрическим характеристикам (толщина h_f мм, ширина B_f мм) и параметру предел текучести при стандартных условиях испытаний ($\sigma_{0,2}$, МПа), объединяющая сходный прокатываемый сортамент в группы энергоэффективности.

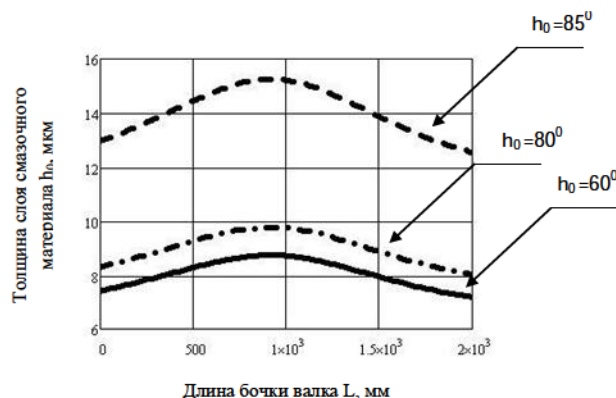


Рис. 2. Изменение толщины слоя смазочного материала в зависимости от температур по длине бочки вала для стали 09ФСБ

Расчет эластогидродинамического трения для всего прокатываемого сортамента производился при помощи разработанной программы для ЭВМ: «Автоматизированный расчет расхода смазочного материала на широкополосных станах горячей прокатки», №2011610630 [8]. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Пример расчетных значений параметров h_0 и λ для групп энергоэффективности клетки №7 НШСГП 2000 ОАО «ММК»

Группа энергоэф-фективности	σ_{0i} , МПа	h_i , мм	V_i , мм	h_0	λ
1	<76	<2,0	<1000	6,711	2,752
2	76 – 82	2,1 – 4,0	1001 – 1500	6,894	2,827
3	82 – 94	4,1 – 8,0	>1500	6,853	2,81
4	94 – 102	>8,0		5,603	2,297
5	102 – 116			6,643	2,978
6	>116			5,711	2,342

Анализ эффективности применения смазочного материала в зависимости от групп энергоэффективности показал следующее: в установившемся режиме прокатки, для всех марок сталей, в контакте рабочий – опорный валок клетки «кварто» реализуется режим эластогидродинамического трения, что способствует снижению энергосиловых параметров процесса.

Список литературы

1. Комплексная оценка и исследование эффективности применения системы подачи технологической смазки на опорные валки клетей №7–9 НШСГП 2000 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» / С.В. Дубовский, Р.Р. Дема, М.В. Харченко, А.В. Ярославцев // Производство проката. 2011. №12.
2. Эффективность процесса горячей прокатки с подачей смазочного материала между опорным и рабочим валками на непрерывном широкополосном стане горячей прокатки 2000 ОАО «ММК» / Платов С.И., Румянцев М.И., Дема Р.Р., Харченко М.В. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2011. №4. С.19–21.
3. Разработка технологии эксплуатации рабочих и опорных валков чистовой группы стана 2000 с применением технологической смазки / И.В. Боровков, В.В. Клименко, И.В. Казаков и др. // «Совершенствование технологии в ОАО «ММК»: сб. трудов ЦЛК ОАО «ММК». №15. Магнитогорск, 2011. С. 243–252.
4. Жиркин Ю.В., Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин: учебник. Ч.1. Магнитогорск: МГТУ, 2005. 230 с.
5. Коднир Д.С., Жильников Е.П., Байбородов Ю.И. Эластогидродинамический расчет деталей машин. М.: Машиностроение, 1988.
6. Грудев А.П., Зильберг Ю.В., Тилик В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением. Справочник. М.: Металлургия, 1982. 312 с.
7. Эмульсия и смазки при холодной прокатке / Белосевич В.П., Нетесов Н.П., Мелешко В.И., Адамский С.Д. М.: Металлургия, 1976, 416 с.

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610630 «Автоматизированный расчет расхода смазочного материала на широкополосных станах горячей прокатки» / Ярославцев А.В., Платов С.И., Дема Р.Р., Харченко М.В. и др.; правообладатель ГОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова».
9. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х т. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката: учебник для вузов / Целиков А.И., Полухин П.И., Гребеник В.М. и др. М.: Металлургия, 1988. 680 с.
10. Грудев А.П., Зильберг Ю.В. Металлургия и коксохимия: сборник. №4. Киев: Техніка, 1966. С. 57–62.
11. Коновалов Ю.В., Остапенко А.Л., Пономарев В.И. Расчет параметров листовой прокатки: справочник. М.: Металлургия, 1986. 430 с.
12. Третьяков А.В. Теория, расчёт и исследования станов холодной прокатки. М.: Металлургия, 1966. 250 с.
13. Харченко А.В. Снижение энергос затрат при широкополосной горячей прокатке на основе моделирования и выбора эффективных режимов смазывания валков: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2012. 20 с.
14. Коднир Д.С. Контактная гидродинамика смазки деталей машин. М.: Машиностроение, 1976. 304 с.

Bibliography

1. Comprehensive assessment and investigation of the efficiency of delivery system technology lubricant stands up rolls number 7 - 9 NSHSGP 2000 OJSC «Magnitogorsk Iron and Steel Works.» / A.S. Dubovsky, R.R. Dema, M.V. Kharchenko, A.V. Yaroslavtsev. // Rolled №12. 2011. (Publication of peer-reviewed WAC)
2. The efficiency of the process of hot rolling with a lubricant supply between the reference and working rolls in continuous wide strip hot rolling mill in 2000 JSC «ММК» / Platov, S.I., M.I. Rumyantsev, Dema, R.R., M. Kharchenko // Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov. 2011. №4. P.19–21. (Publication of peer-reviewed WAC)
3. Development of technology for the exploitation of workers and the rolls of the finishing mill in 2000 with the use of technological lubricant. Sat ICC works of JSC «ММК» № 15 «Improvement of the technology at JSC «ММК». / I. Borovkov, V.V. Klimenko, I.V. Kazakov, et al Magnitogorsk, 2011, p. 243–252
4. Zhirkin Y., reliability, maintenance and repairs of metallurgical machines: A Textbook. Part 1. / Magnitogorsk: Bauman, 2005. 230 p.
5. Kodnir DS, Zhilnikov EP, Baiborodov Y. Elastrogidrodinamichesky calculation of machine parts. // MS, Mechanical Engineering, 1988.
6. Grudev AP Zil'berg Y., Tiliik VT Friction and lubrication in metal forming. Handbook. // Moscow: Metallurgiya, 1982. 312 p.
7. Belosevich, V.P., Netesov NP, Vi Meleshko, Adamski, SD The emulsion and lubrication in cold rolling. M.: Metallurgy 1976, 416s.
8. Certificate of state registration of a computer program number 2011610630, «Automated calculation of the flow of lubricant to broadband hot rolling mills.» Authors Yaroslavtsev AV, Platov SI, Dema, RR, M. Kharchenko and others holder GOU VPO «Magnitogorsk State Technical University. G. Nosov. »
9. Pillars, AI, PI Polukhin, VM Grebeniek and other machines and units of metallurgical plants. In 3 volumes. T. 3. Machines and installations for the production and finishing products. A textbook for university / Moscow: Metallurgy 1988. 680 p.
10. Grudev A.P. Zil'berg Y. / Metallurgy and coke. Sat Number 4. Kiev. Tehnika. In 1966. S. 57-62.
11. Konovalov, Y.V., A. Ostapenko, V.I. Ponomarev Calculation of the sheet rolling. / Directory. M. Metallurgy. In 1986. 430s.
12. Tretyakov AV Theory, calculation and study of cold rolling mills. Moscow: Metallurgiya, 1966. 250 s.
13. Kharchenko A.V. Reducing power consumption in broadband hot rolling, based on modeling and selection of effective modes of lubricating rollers: Abstract. thesis.... Candidate. Technical. Sciences. Magnitogorsk, 2012. 20.
14. Kodnir DS Contact hydrodynamics of lubrication of machine parts. Moscow: Mashinostroenie, 1976. 304 p.