

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2023-34-17-21>

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЛАВОВ ЛАТУНИ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ В ПАРЕ ТРЕНИЯ СО СТАЛЬЮ

Бирюков В.П.¹, Старостин Д.А.², Горюнов Я.А.³, Двоеглазов А.А.³

¹*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Россия;*

²*Всероссийский научно-исследовательский институт «Сигнал», Ковров, Россия;*

³*Российский университет транспорта, Москва, Россия*

Ключевые слова: латунь, коэффициент трения, интенсивность изнашивания.

Аннотация. Работа посвящена определению влияния способа производства образцов латуни на триботехнические характеристики при трении по стали 45. Получены закономерности изменения коэффициентов трения от давления и скорости скольжения. Показано, что на величину коэффициентов трения и износостойкость образцов влияет процесс их изготовления.

COMPARATIVE RESEARCH OF BRASS ALLOYS ON TRIBOLOGICAL PROPERTIES DURING TESTS IN A FRICTION PAIR WITH STEEL

Biryukov V.P.¹, Starostin D.A.², Goryunov Ya.A.³, Dvoeglazov A.A.³

¹*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;*

²*All-Russian Scientific Research Institute Signal, Kovrov, Russia;*

³*Russian University of Transport, Moscow, Russia*

Keywords: brass, coefficient of friction, wear rate.

Abstract. The work is devoted to determining the influence of the method of production of brass samples on tribotechnical characteristics during friction on steel 45. The regularities of changes in the coefficients of friction from pressure and sliding velocity are obtained. It is shown that the value of the friction coefficients and the wear resistance of the samples is affected by the process of their manufacture.

Сплавы латуни нашли широкое применение в судостроении, машиностроении, и других отраслях промышленного производства. Латунь представляет собой сплав на основе меди с основным легирующим элементом цинком. Латунь обладает такими свойствами как твердость, прочность и пластичность, но из-за присутствия цинка является достаточно хрупким материалом. В некоторых случаях присутствует олово, а также, для улучшения механических и эксплуатационных свойств, добавляют различные включения, такие как: никель, свинец, железо, марганец и другие элементы.

Существует множество методов определения размеров частиц, их распределения и образовавшегося износа латунных сплавов. Для более точной и инновационной идентификации размеров частиц износа латуни проведены испытания на сухое трение латунных штифтов диаметром 10 мм по стальному диску с твердостью 62 HRC на различных режимах и различными размерами

зёрен наждачной бумаги [1]. Согласно анализу морфологии изношенной поверхности латуни, после трибологических испытаний со сталью, установили, что основным механизмом износа латуни при граничной смазке является адгезионный износ, и не образуется оксидный упрочняющий слой, пока режимы не перейдут в режим гидродинамической смазки [2]. Проведены испытания на прочность образцов из чистой латуни и сплавов латуни с добавлением в процессе легирования 10% алюминия по результатам, которых выяснили, что поглощенная энергия удара и ударная вязкость чистой латуни, очень низки по сравнению с образцом сплава латуни, легированной алюминием [3]. Проведены исследования сплава Al-4Cu-1.6Mg, который обладает высокой прочностью и отличной устойчивостью к повреждениям, но с последующим добавлением в сплав 0,1 мас.% Zr, пришли к выводу, что в результате измельчение зерна значительно улучшились механические свойства, особенно усталостная прочность и вязкость [4]. По причине постоянно возрастающих требований потребителей к надежности и долговечности деталей в качестве материала была предложена сложнелегированная латунь Cu62Zn31.6Mn3Al2Si0.8Ni0.4Cr0.2. Были проведены исследования по определению теплопроводности, теплоемкости и плотности сложнелегированной латуни в зависимости от температуры, по результатам которых пришли к выводу, что данный сплав является наиболее предпочтительным для использования в качестве материала для изготовления ответственных деталей [5]. Проведены исследования композитных материалов, а именно автомобильных тормозных накладок, в результате которых пришли к выводу, что добавление в состав композита частиц латуни, в частности 1,5, 3 и 4,5 мас.% положительно влияет на трибологические и тепловые свойства. [6]. В работе проводили сравнительное исследование трибологических свойств: бронзы (CUSN9P) и латуни (CuZn39Pb2), в паре трения со стальным диском (XC42) различной шероховатости (Ra 2 и 0,15 мкм). Образы латуни и бронзы не имеют больших различий в микротвердости, однако имеют совершенно различную микроструктуру, что и повлияло на результаты триботехнических испытаний. Влияние шероховатости диска на коэффициент трения более важно для бронзы, чем для латуни. При наименьшей шероховатости диска (Ra = 0,15 мкм) значение коэффициента трения при испытаниях с бронзой соответствует переходу в гидродинамический режим. При этом установлено, что при тех же условиях латунь имеет очень высокий коэффициент трения и износ по сравнению с бронзой и имеет высокую шероховатость по окончании испытаний, а также сопровождается сильной пластической деформацией подповерхностных слоев [7].

Целью наших исследований было определение триботехнических характеристик латуней ЛМцКНС двух различных партий по сравнению с эталонной латунью.

Для проведения испытаний приняты сплавы на основе меди ЛМц58-2 (эталон), ЛМцКНС изготовленных из разных партий №1 и №2. Габариты рабочей поверхности каждого образца имели параметры 20×22×12 мм.

В качестве контролбразца использовали оправку стали 45 (HRC 47-51). Испытания на трение и износ выполняли по схеме «плоскость (исследуемый образец) – кольцевая поверхность стальной оправки». Скорость скольжения и давление на образец изменялись дискретно в интервале 0,23-3,45 м/с и 2,0-7,0 МПа соответственно. Металлографические исследования образцов выполняли на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке 0,49 Н, сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 SBH и цифровом микроскопе АМ226. Шлифы изготавливали по стандартной методике. В качестве смазочного материала использовали гидравлическое масло МГЕ-10А. На рисунке 1 представлены микроструктуры латунных образцов. Существенным отличием латуней №1 и 2 было наличие более крупных структурных составляющих по сравнению с эталонной латунью. Микротвердость $HV_{0,05}$ для образцов латуни ЛМц58-2, №1 и №2 составила 1720-1900, 1620-1760, 1440-1590 МПа соответственно.

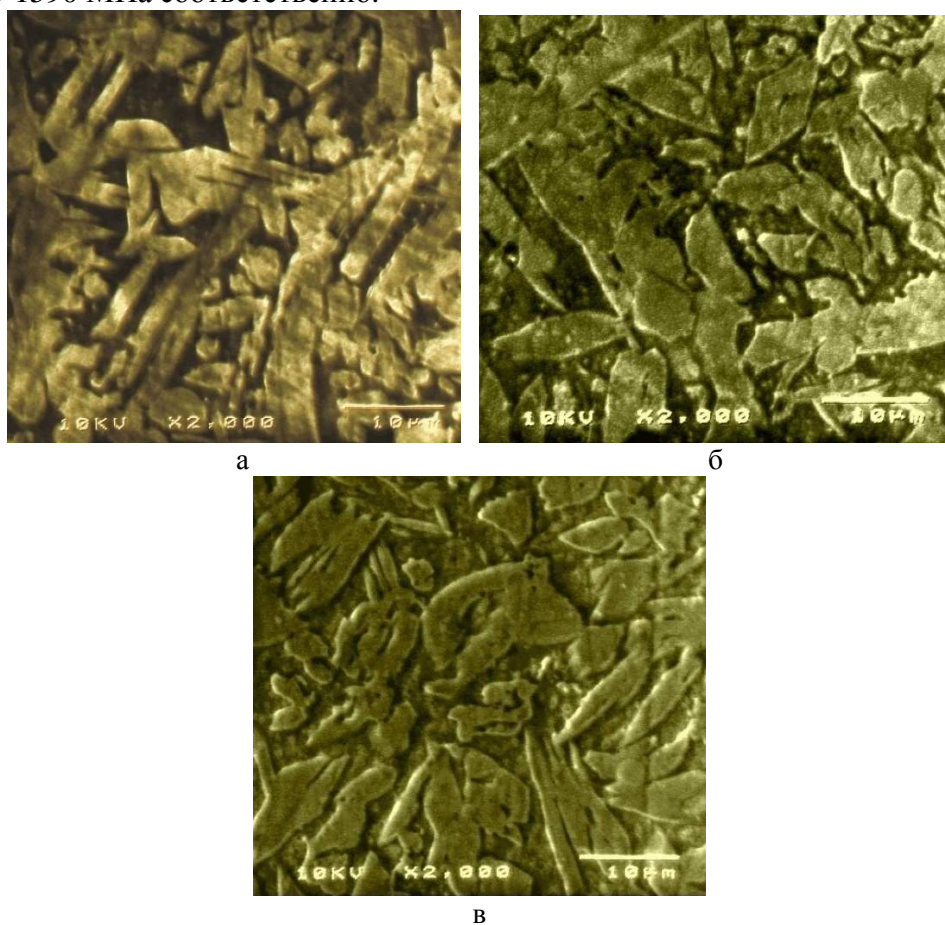


Рис. 1. Микроструктура латунных образцов: а – ЛМц58-2, б – ЛМцКНС №1, в – ЛМцКНС №2

На рисунке 2 представлены закономерности изменений коэффициентов трения от давлений.

При увеличении давления коэффициенты трения для эталонного и новых партий латунных образцов уменьшаются во всем исследованном диапазоне нагрузок.

На рисунке 3 представлены зависимости изменения коэффициентов трения латуней от скоростей скольжения.

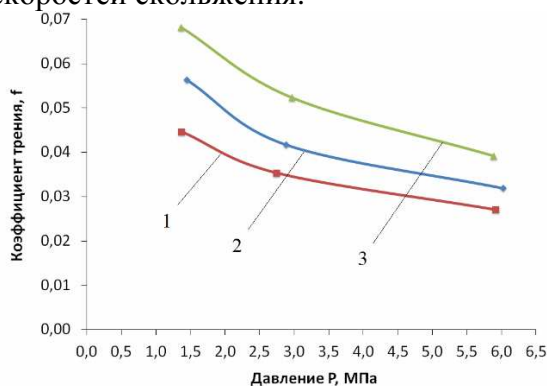


Рис. 2. Зависимости коэффициентов трения от давления пары латунь – сталь 45: 1 – ЛМц58-2, 2 – №1, 3 – №2

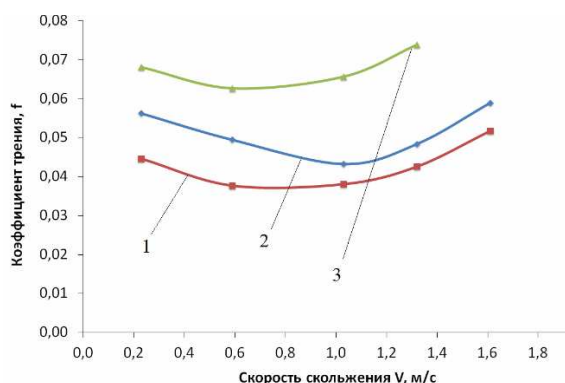


Рис. 3. Зависимости коэффициентов трения от скорости скольжения пары латунь – сталь 45: 1– ЛМц58-2, 2 – №1, 3 – №2

При возрастании скорости скольжения в пределах 0,2-0,6 м/с коэффициенты трения для пары латунь-сталь 45 понижаются. При дальнейшем увеличении скорости скольжения до 1,6 м/с коэффициенты трения увеличиваются. Исключение составлял образец №1 у которого коэффициент трения снижался до скорости 1 м/с.

Средняя интенсивность изнашивания при испытании трех образцов представлена в таблице 1.

В современном машиностроении не используются возможности для определения годности партий материалов по триботехническим параметрам. Применение дополнительного средства контроля малогабаритных образцов при триботехнических испытаниях позволит исключить попадание некачественно изготовленных материалов в производственные процессы и стендовые, натурные и эксплуатационные испытания изделий.

Табл. 1. Средняя интенсивность изнашивания образцов латуни

Марка латуни, партия	Интенсивность изнашивания образца
	$I_1 \cdot 10^{-8}$
ЛМц58-2	5,736
№1	6,730
№2	9,700

Выводы

Проведенные исследования показали, что при повышении давления коэффициенты трения уменьшаются в исследованном диапазоне нагрузок. При увеличении скоростей скольжения в начальный момент коэффициенты трения снижаются, затем наблюдается их рост. Установлено что на коэффициент трения и износостойкость влияют технологии производства латуней ЛМцКНС полученных от различных поставщиков.

Список литературы / References

1. Yagoob J.A. Analysis of generated wear debris of brass during dry sliding // Applied Nanoscience. 2021. DOI: 10.1007/s13204-021-01835-2.
2. Lin L., Chao Y., Jianzhong Z., Hamid G., Davoud D. Study on Wear Model and Adhesive Wear Mechanism of Brass under Boundary Lubrication // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 2021, vol. 57, pp. 367-373. DOI: 10.1134/S2070205121010147.
3. Kunal D., Nitesh J. Testing of material strength of brass mixed with aluminum metal // International Journal of Science, Technology and Management (IJSTM). 2021, vol. 8, pp. 1-5.
4. Qi Z., Zhiyi L., Magd A.W. Enhanced Brass texture of hot-rolled Al-4Cu-1.6Mg alloy by 0.1% Zr addition // Materials Characterization. 2020. vol. 169. DOI: 10.1016/j.matchar.2020.110643.
5. Raisa K.M., Sergey V.B., Andrey V.S. Determination of Thermo-Physical and Physical Properties of Complex Alloyed Brass // Solid State Phenomena. 2020, vol. 299. DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.299.442.
6. Amira S., Mohamed K., Reçai K., Jamal F., Riadh E., Frédéric J. Impact of brass contents on thermal, friction and wear properties of brake linings composites // Mechanics & Industry. 2017, vol. 19, pp. 105-114. DOI: 10.1051/meca/2018048.
7. Senhadji F., Belarifi F., Robbe-Valloire F. Experimental Investigation of Friction Coefficient and Wear Rate of Brass and Bronze under Lubrication Conditions // Tribology in Industry. 2016, vol. 38, no. 1, pp. 102-107.

Бирюков Владимир Павлович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	Biryukov Vladimir Pavlovich – candidate of technical sciences, leading researche
Старостин Дмитрий Александрович – ведущий инженер	Starostin Dmitry Alexandrovich – leading engineer
Горюнов Ярослав Алексеевич – студент	Goryunov Yaroslav Alekseevich – student
Двоглазов Андрей Алексеевич – студент	Dvoeglazov Andrey Alekseevich – student
laser-52@yandex.ru	

Received 28.01.2023