Ostrikov Valery Vasilievich – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Zhernovnikov Dmitry – junior researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Petrashchev Alexandr – Full Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Russia, Tambov, e-mail: vitin-10.pet@mail.ru.

Erokhin Gennady – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: witin4@rambler.ru.

Nagdaev Vladimir – Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Поступила в редакцию (Received): 27.11.2021 Принята к публикации (Accepted): 18.12.2021

УДК 620.197

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-105-112

ЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНСЕРВАЦИОННЫХ СОСТАВОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПРОТИВОКОРРОЗИОННУЮ ДОБАВКУ М-531

¹Курьято Николай Алексеевич

¹Дорохов Андрей Валерьевич

¹Князева Лариса Геннадьевна

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефте-продуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. Для сохранения сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии в нерабочие периоды традиционно применяют ингибиторную противокоррозионную защиту. Исследована эффективность составов на масляной основе с добавкой маслорастворимого ингибитора коррозии М-531 для защиты стали Ст3 от атмосферной коррозии. Составы готовили на основе индустриального, трансформаторного и моторного масел. Испытания проводили в термовлагокамере Г-4, в 0,5 М растворе NaCl, в камере солевого тумана. По результатам ускоренных коррозионных испытаний в термовлагокамере Г-4, наблюдается высокое защитное действие составов с концентрацией М-531 3-10 масс. %, которое составляет 97-100 %. Данные гравиметрических коррозионных испытаний в 0,5 М растворе NaCl свидетельствуют о том, что защитная эффективность масляных композиций заметно ниже, чем в термовлагокамере Г-4 из-за агрессивного действия Cl⁻-ионов, отсутствующих при испытаниях в термовлагокамере. Наихудшие результаты получены для композиций на основе индустриального и трансформаторного масел. Концентрации добавки М-531 3-5 масс%, рекомендованной разработчиком недостаточно для эффективной защиты стали в исследуемых условиях. При испытаниях в камере соляного тумана покрытий на стали Ст3 маслами, ингибированными 20 % М-531 обнаружено, что наименее подвержены коррозии образцы, покрытые составами на основе моторного масла (товарного и отработанного).

Ключевые слова: коррозия, консервационные составы, М-531, защитная эффективность, термовлагокамера, камера солевого тумана.

PROTECTIVE EFFICIENCY OF OIL COMPOSITIONS CONTAINING ANTI-CORROSION ADDITIVE M-531

¹Kuryato Nikolay¹Dorokhov Andrey¹Knyazeva Larisa

¹Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use machinery and Petroleum products in Agriculture"

Abstract. Inhibitory anticorrosive protection is traditionally used to keep agricultural machinery in working order during non-working periods. The effectiveness of oil-based compositions with the addition of an oil-soluble corrosion inhibitor M-531 for protecting St3 steel from atmospheric corrosion has been investigated. The compositions were prepared on the basis of industrial, transformer and motor oils. The tests were carried out in a thermal moisture chamber G-4, in a 0.5 M NaCl solution, in a salt fog chamber. A high protective effect of compositions with a concentration of M-531 3-10 wt.%, which is 97-100%, is observed according to the results of accelerated corrosion tests in a thermal moisture chamber G-4. The data of gravimetric corrosion tests in a 0.5 M NaCl solution indicate that the protective efficiency of oil compositions is noticeably lower than in a thermal moisture chamber G-4 due to the aggressive action of Cl⁻ ions, which are absent during tests in a thermal moisture chamber. The worst results were obtained for compositions based on industrial and transformer oils. The concentration of the M-531 additive 3-5 wt% recommended by the developer is insufficient for effective steel protection under the conditions under study. During tests in a salt spray chamber of coatings on St3 steel with oils inhibited by 20% M-531, it was found that the samples coated with compositions based on engine oil (commercial and used) were the least susceptible to corrosion.

Keywords: corrosion, preservatives, M-531, protective efficiency, thermal moisture chamber, salt fog chamber.

Введение. Борьба с коррозией в сельском хозяйстве, на которое приходится 10 % от общего металлофонда нашей страны, является довольно актуальной задачей. Чтобы противостоять атмосферной коррозии, используют различные методы замедления ее процессов. Это может быть изменение состава металла, его потенциала, пассивация, полная или частичная изоляция от воздействия стимуляторов коррозии и др. Для сохранения сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии в нерабочие периоды традиционно применяют ингибиторную защиту. Современный рынок ингибиторов достаточно велик и разнообразен, предлагаются консервационные материалы как отечественного производства, так и зарубежного, различающиеся по составу и свойствам, а также особенностям их использования. Широкое применение находят контактные консервационные материалы, среди которых известны составы на масляной основе и маслорастворимые ингибиторы коррозии [1-6]. Использование маслорастворимых ингибиторов целесообразно для уменьшения расходов материальных (например, из-за сокращения транспортных расходов) и энергетических ресурсов в технологических процессах противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники, так как позволяет приготавливать консервационные составы непосредственно перед их нанесением, с использованием масляной основы, имеющейся в хозяйствах. В качестве последней хорошо подходят ММО (масла моторные отработанные), как правило, имеющиеся у сельхозтоваропроизводителя, а в качестве добавок к ним отходы или побочные продукты химических и нефтехимических производств, включая продукты очистки отработанных масел [7-9]. Отработанные масла сами по себе обладают большей защитной эффективностью по сравнению со свежими и регенерированными маслами из-за накопления в них в процессе эксплуатации продуктов окисления, повышающих защитные свойства масел за счет дополнительного синергического эффекта [7]. Кроме того, смолистые органические соединения, образующиеся в маслах, приводят к повышению вязкости и затруднению смывания масел с поверхности, а совместно с поверхностно-активными продуктами окисления и к дополнительному повышению защитного эффекта. Тем не менее, защитной эффективности только ММО недостаточно для защиты сельскохозяйственной техники при ее хранении на открытой площадке [7-9], необходимо дополнительно вводить в них маслорастворимые ингибиторы коррозии.

К другим методам для противостояния коррозии относится использование летучих ингибиторов (ЛИК) [5]. Недостатками контактных ингибиторов является затруднение их проникновения в труднодоступные места, куда, в свою очередь, ЛИК с легкостью попадают. ЛИК, испаряясь, до-

стигают поверхности металла и, адсорбируясь, надежно его защищают, проникая при этом через слои продуктов коррозии, в щели и зазоры. Но их использование возможно только хотя бы при частичной герметизации защищаемого пространства. Но из-за особенностей конструкционного строения техники и оборудования применение только контактных ингибиторов или только ЛИК не всегда эффективно в полной мере. Решением может стать использование составов на масляной основе с противокоррозионной добавкой, в которой скомбинированы летучий и контактный ингибиторы коррозии. Предполагается их взаимодополнение друг друга, что в свою очередь влияет на эффективность защиты техники и оборудования от коррозии.

Целью данной работы изучение защитной эффективности составов на масляной основе с добавлением противокоррозионной добавки М-531, которая заявляется производителем -компанией Cortec Corporation, USA (на территории России и стран СНГ официальный представитель – компания ООО «КОРТЕК РУС») как содержащая, наряду с масляным, летучий компонент, по отношению к углеродистой стали Ст3 [11]. По утверждению разработчика, ингибитор коррозии М-531 влагостоек, совместим с большинством нефтяных масел, обладает загущающей способностью (вязкость при снижении температуры от 100⁰С до 40⁰С возрастает более, чем в 10 раз), его рекомендуется использовать в концентрации 3-5 масс. % в маслах. Разработка консервационных составов на основе этого ингибитора и доступных в сельскохозяйственном производстве масел, в том числе некондиционных, является перспективной.

Методика эксперимента. Для изучения были приготовлены составы, в которых в качестве растворителя-основы использовали индустриальное масло И-20А, трансформаторное масло ГК, моторное масло М10Г₂к, товарное и отработанное (ММО), с добавлением М-531 концентрацией 3-10 масс. %. Покрытия наносили в ванне консервации, опуская в нее стальные образцы (Ст3) на 10 секунд, которые затем оставляли на воздухе в подвешенном вертикальном положении на 1 сутки для стекания избытка масляной композиции и формирования защитной пленки [6].

Коррозионные испытания проводили в 0,5 М растворе NaCl (ГОСТ9.042-75), термовлагокамере Г-4 (ГОСТ 9.054-75). Для определения скорости коррозии использовали формулу (1), защитной эффективности – формулу (2)

$$K = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau}, \quad (1)$$

где Δm - потеря массы образца, г; S – площадь поверхности, м²; τ – длительность испытаний, часы.

$$Z = \frac{K_0 - K_1}{K_0} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где K_0 , K_1 – скорости коррозии в отсутствие и при наличии пленки исследуемых составов.

Для проведения испытаний в камере солевого тумана (КСТ) был установлен следующий режим: 8 часов в солевом тумане EVCLIM- КСТ-108, который создавался с помощью распыления 5 %-ного раствора NaCl при температуре $t = 40$ °С и времени экспозиции 16 часов при закрытой дверце и отключенной камере. Периодически проводили визуальную оценку образцов на предмет появления продуктов коррозии на поверхности.

Результаты и обсуждение.

Результаты ускоренных коррозионных испытаний в термовлагокамере Г-4 (960 часов) показали (таблица 1), что из исследуемых масел наибольшим защитным действием ожидаемо обладает ММО (97 %). Приведенные данные демонстрируют достаточно высокое защитное действие и всех составов на основе индустриального, трансформаторного и моторных (товарного и отработанного) масел, которое составляет 97-100 % во всем исследуемом диапазоне концентраций М-531(3 - 10 масс. %).

По результатам гравиметрических коррозионных испытаний, защищенных покрытиями стальных образцов при продолжительности 336 час в 0,5 М растворе NaCl (таблица 2) защитная эффективность масляных композиций заметно ниже, чем в термовлагокамере Г-4. Причина, очевидно, заключается в агрессивном действии Cl⁻-ионов, отсутствующих при испытаниях в термовлагокамере.

Таблица 1 – Экспериментальные результаты исследуемых покрытий в термовлагокамере Г-4 на стали Ст3 при экспозиции 960 часов

Концентрация ингибитора, масс. %	Защитные свойства ингибированных масел							
	И-20А		ГК		М10Г2к		ММО	
	К, г/(м ² ·ч)	Z, %	К, г/(м ² ·ч)	Z, %	К, г/(м ² ·ч)	Z, %	К, г/(м ² ·ч)	Z, %
Контроль	0,0409		0,0409		0,0409		0,0409	
0	0,0188	54	0,0168	59	0,0294	28	0,0010	97
3	0,0005	98	0,0004	99	0,0011	97	0,0006	98
5	0,0004	99	0,0004	99	0,0004	99	0,0001	~100
7	0,0003	~100	0,0004	99	0,0004	99	0,0001	~100
10	0,0003	~100	0,0004	99	0,0003	~100	0,0001	~100

Только у неразбавленного в масле чистого М-531 защитная эффективность высокая, составляет 90 %. При использовании исследуемого ингибитора в качестве добавки, с ростом его концентрации во всех исследуемых маслах защитная эффективность составов возрастает, что подтверждают фотографии покрытий, содержащих 7-10 масс. % добавки М-531 после проведения испытаний (рисунок 1). Лучшие результаты получены в моторном масле (и в товарном, и в отработанном).

Таблица 2 – Защитная эффективность и скорости коррозии составов после испытаний в 0,5 растворе NaCl при экспозиции 336 часов

Концентрация ингибитора, масс. %	Защитные свойства ингибированных масел							
	И-20А		ГК		М10Г2к		ММО	
	К, г/(м ² ·ч)	Z, %	К, г/(м ² ·ч)	Z, %	К, г/(м ² ·ч)	Z, %	К, г/(м ² ·ч)	Z, %
Контроль	0,0414		0,0414		0,0414		0,0414	
0	0,0422	20	0,0418	С	0,0256	38	0,0240	42
3	0,0344	17	0,0406	2	0,0240	42	0,0248	40
5	0,0353	19	0,0340	18	0,0182	56	0,0252	39
7	0,0327	21	0,0326	21	0,0137	67	0,0215	48
10	0,0318	23	0,0309	25	0,0128	69	0,0202	51
100		90				90		90

Рисунок 1 - Внешний вид образцов стали Ст3, покрытых масляными составами после испытаний в 0,5 М растворе NaCl (336 час).

Для использования исследуемых составов на основе М-531 для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии безусловно нужно использовать более высокие концентрации маслорастворимого ингибитора коррозии, несмотря на рекомендации разработчика. Обычно на практике - это 15 – 20 масс. %.

Результаты испытаний стальных образцов, покрытых масляными композициями, ингибированными 20 масс. % М-531, в камере соляного тумана представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Внешний вид образцов после испытаний в камере солевого тумана

Кол-во часов	Покрытие			
	Без покрытия	20% М-531 в ММО	20% М-531 в И-20А	20% М-531 в М10Г ₂ к
8
16
24
32
40
48

Полное время проведения испытания составило 48 ч. Образец без покрытия уже после восьми часов экспозиции в камере солевого тумана (КСТ) практически полностью подвержен коррозии. Пластины, покрытые 20% М-531 в ММО и 20% М-531 в М10Г₂к после 8 часов, не имеют следов

коррозии, на образце с покрытием на основе индустриального масла И20-А уже появляются первые очаги коррозии в верхней части и ребрах пластины. После 16 часов испытаний на пластинах с покрытиями 20% М-531 в ММО и 20% М-531 в М10Г₂к появляются отдельные незначительные очаги коррозии. С дальнейшей экспозицией в КСТ площадь подверженная коррозии увеличивается на всех образцах с покрытиями, особенно сильно это заметно на образце, покрытом композицией на основе масла И- 20А, вся площадь которого оказывается пораженной к 48 часам экспозиции. Наибольшую защитную эффективность при испытаниях в камере солевого тумана обеспечивают составы на основе отработанного моторного масла.

Заключение.

Исходя из результатов ускоренных коррозионных испытаний в 0,5 М растворе NaCl и термо-влажностной камере Г-4 составы, содержащие противокоррозионную добавку М-531 (7-10 мас. %) имеют высокую защитную эффективность по отношению к стали Ст3. В 0,5 NaCl наиболее эффективны оказались составы на основе моторного масла М10Г₂к. После испытаний в камере соляного тумана на наименее были подвержены коррозии образцы, покрытые составом на основе ММО и М10Г₂к.

Список литературы

1. Vigdorovich, V.I., Tsygankova, L.E., Knyazeva, L.G., Shel, N.V. Protective Effectiveness of Oil Compositions in the Presence of Sulfur-Containing Corrosion Stimulators//Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2020, 56(4). Pp. 570–579.
2. Vigdorovich V. I., Shel N. V., Tsygankova L. E. Oil-based preservative materials for protection of copper against corrosion in atmospheres containing SO₂// International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2015. V. 4. N.3. Pp.210-220.
3. Vigdorovich, V.I., Knyazeva, L.G., Tsygankova, L.E., Ostrikov, V.V., Petrashev, A.I. Properties of Petroleum and Synthetic Oils as Bases for Anticorrosion Materials// Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2019, 55(4), стр. 412–423
4. Петрашев А.И., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Остриков В.В., Вигдорович В.И. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 5. Технологии получения и применения продуктов очистки отработанных масел// Практика противокоррозионной защиты. - 2006. - № 3 (41). - С. 38-43.
5. Прохоренков В.Д., Вигдорович В.И., Князева Л.Г. Доступные противокоррозионные материалы для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии//Практика противокоррозионной защиты. 2003. № 3 (29). С. 51-54.
6. Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Епифанцев С.С. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 4. Защитная эффективность ингибированных ПООМ отработанных масел в условиях влагонасыщения// Практика противокоррозионной защиты. 2006. № 2 (40). С. 41-47.
7. Вигдорович В.И. Коррозия и защита металлов летучими ингибиторами в условиях животноводческих помещений: монография / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, Л.Г. Князева и др.- Тамбов. Издательство Першина Р.В., 2019. - 185 с.
8. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kur'yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D// International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. V. 10. N. 2. Pp. 551-561.
9. Князева Л.Г., Дорохов А.В., Курьято Н.А., Прохоренков В.Д. Исследование эффективности составов на основе CORTEC VpCI-368 и CORTEC VpCI-369 для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники // Наука в центральной России. - 2019. - № 5. - С. 69-80.
10. Prokhorenkov V.D., Knyazeva L.G., Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I. Carriers of the protective effectiveness of used motor oils// Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2006. T. 42. N. 1. Pp. 35-38.
11. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами // Коррозия: материалы, защита. – 2010. - №10. – С. 25-30.
12. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kuriato N.A. Protective properties of oil compositions modified with Cortec VpCI-369 // JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES: «Advances in Composites Science and Technologies 2020» (Moscow, 20 ноября 2020). – Moscow: IOP Publishing Ltd, 2021. С. 012068. DOI: 10.1088/1742-6596/1990/1/012068

Cortec Rus - Высокоэффективная антикоррозионная присадка М-531. – URL: <http://www.cortecrus.ru/> (дата обращения: 17.09.2021). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

References

1. Petrashev A.I., Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G., Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I. Zashhita ot atmosfornoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ih ochistki. Soobshhenie 5. Tehnologii polucheniya i primeneniya produktov ochistki otrabotannyh masel// Praktika protivokorroziionnoj zashhity. - 2006. - № 3 (41). - S. 38-43.
2. Vigdorovich V. I., Shel N. V., Tsygankova L. E. Oil-based preservative materials for protection of copper against corrosion in atmospheres containing SO₂// International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2015. V. 4. N.3. Pp.210-220.
3. Prohorenkov V.D., Vigdorovich V.I., Knjazeva L.G. Dostupnye protivokorroziionnye materialy dlja zashhity sel'skhozjajstvennoj tehniki ot atmosfornoj korrozii//Praktika protivokorroziionnoj zashhity. 2003. № 3 (29). S. 51-54.
4. Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D., Knjazeva L.G., Epifancev S.S. Zashhita ot atmosfornoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ih ochistki. Soobshhenie 4. Zashhitnaja jeffektivnost' ingibirovannyh POOM otrabotannyh masel v uslovijah vlagonasyshheniya// Praktika protivokorroziionnoj zashhity. 2006. № 2 (40). S. 41-47.
5. Vigdorovich V.I. Korrozija i zashhita metallov letuchimi ingibitorami v uslovijah zhivotnovodcheskih pomeshhenij: monografija / V.I. Vigdorovich, L.E. Cygankova, L.G. Knjazeva i dr..- Tambov. Izdatel'stvo Pershina R.V., 2019. - 185 s.
6. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kur'yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with Cortec VpCI-368D// International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2021. V. 10. N. 2. Pp. 551-561.
7. Knjazeva L.G., Dorokhov A.V., Kur'yato N.A., Prohorenkov V.D. Issledovanie jeffektivnosti sostavov na osnove CORTEC VpCI-368 i CORTEC VpCI-369 dlja protivokorroziionnoj zashhity sel'skhozjajstvennoj tehniki // Nauka v central'noj Rossii. - 2019. - № 5. - S. 69-80.
8. Prokhorenkov V.D., Knyazeva L.G., Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I. Carriers of the protective effectiveness of used motor oils// Chemistry and Technology of Fuels and Oils. 2006. T. 42. N. 1. Pp. 35-38.
9. Knjazeva L.G., Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D. Ingibirovanie korrozii otrabotavshimi motornymi maslami // Korrozija: materialy, zashhita. – 2010. - №10. – S. 25-30.
10. Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Dorokhov A.V., Kuriato N.A. Protective properties of oil compositions modified with Cortec VpCI-369 // JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES: «Advances in Composites Science and Technologies 2020» (Moscow, 20 nojabrja 2020). – Moscow: IOP Publishing Ltd, 2021. S. 012068. DOI: 10.1088/1742-6596/1990/1/012068
11. Cortec Rus - Vysokoeffektivnaja antikorroziionnaja prisadka М-531. – URL: <http://www.cortecrus.ru/> (data obrashheniya: 17.09.2021). – Rezhim dostupa: svobodnyj. – Tekst: jelektronnyj.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Курьято Николай Алексеевич – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: cskasparta@yandex.ru.

Дорохов Андрей Валерьевич – старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: dorokhov.andryusha@mail.ru.

Князева Лариса Геннадьевна – доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научноисследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: Knyazeva27@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Kuryato Nikolay – Junior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: csk-sparta@yandex.ru.

Dorokhov Andrey – Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, email: dorokhov.andryusha@mail.ru.

Knyazeva Larisa – Full Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: Knyazeva27@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 27.12.2021 Принята к публикации (Accepted): 20.12.2021

УДК 621.9.047

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-112-120

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕ

¹Жачкин Сергей Юрьевич

²Пеньков Никита Алексеевич

¹Краснова Марина Николаевна

³Стрункин Павел Владимирович

¹Воронежский государственный университет

²ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

³Воронежский политехнический техникум

Реферат. Разработана кинематическая модель получения гальванического дисперсно-упрочненного композиционного покрытия. Она базируется на двух положениях: 1- упрочнение покрытия происходит в результате взаимодействия двух соседних зерен инструмента; 2- инструментальные зерна расположены на концентрических окружностях. Сделаны три допущения, характерные для любой кинематической модели: все кинематические соотношения рассматриваются в одной плоскости (торцевом сечении инструмента); абразивные зерна представляются в виде точек; исходная поверхность детали гладкая, шероховатость поверхности не учитывается. Представлен механизм определения характера размещения дисперсной фазы в формируемом осадке. Используя аппарат кинематики движения твердого тела, определены зависимости для скоростей деформации формируемого композиционного гальванического покрытия, характеризующие в значительной степени его поведение в пластической области. Установлено, что скорость деформации есть функция геометрических параметров внедряемого наполнителя, одним из показателей которого служит угол между касательной к контактной поверхности зерна и нормалью к инструменту. Определены углы входа наполнителя в покрытие, во многом задающие характер формируемой структуры гальванического осадка. Определены скорости деформации осаждаемого покрытия в различных направлениях, что служит значительным заданием в вопросе определения дальнейших пластических деформаций при упрочнении растущих слоев осадка.

Ключевые слова: контактная задача, гальванические покрытия, композиционные материалы, кинематика движения твердого тела.

KINEMATIC MODEL OF OBTAINING DISPERSE-HARDENED COMPOSITE MATERIALS ON METAL MATRIX

¹Zhachkin Sergey

²Pen'kov Nikita