

УДК 621.91.01

Дослідження перетворень полімерів та низькомолекулярних аналогів в умовах, що моделюють різання металів

Грубник О.В., Сошко В.О.

Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна

Анотація: Наведена методика та результати досліджень з вивчення складу газоподібних продуктів піролізу полімерних присадок і сполук та виявлення впливу компонентів газових сумішей на процес різання металу в рамках гіпотези про перманентну карбонізацію різальної кромки інструменту, насичення воднем матеріалу заготовки і стружки й активній участі водню в механо-хімічному процесі при металообробці в мастильно-охолоджувальному технологічному середовищі (МОТС). За результатами досліджень з вивчення впливу газоподібних продуктів піролізу полімерних присадок на процес різання сталі зафіксовано зниження крутного моменту в порівнянні з повітрям і вакуумом в межах 37...50% для всіх продуктів піролізу полімерних присадок при слабкій залежності крутного моменту від природи компонентів, що підтверджує гіпотезу про деструкцію досліджуваних газів в зоні різання до стану хімічної плазми з істотним переважанням активних форм водню і вуглецю в умовах високих температур, зсувних навантажень і наявності екзоелектронної емісії.

Ключові слова: мастильно-охолоджувальне середовище; обробка різанням; водневе руйнування

В рамках даної роботи дослідження були сконцентровані головним чином на детальному вивченні складу газоподібних продуктів піролізу полімерних присадок і модельних сполук і виявленні впливу тих чи інших компонентів газових сумішей на процес різання металу. Досліди, вже проведені в цьому напрямку показали, що деякі гази, що виділяються при піролізі полімерних присадок (емульсії поліетилену і полівінілхлориду), демонструють трибологічну активність [1, 2]. Оскільки ланцюг піролітичних перетворень вихідної присадки призводить до утворення вуглецю і водню в атомарній та інших активних формах (радикали, іони, іон-радикали), була висунута гіпотеза про перманентну карбонізацію різальної кромки інструменту, насичення воднем матеріалу заготовки і стружки й активній участі водню в механо-хімічному процесі при металообробці в мастильно-охолоджувальному технологічному середовищі (МОТС). Цей висновок має велике практичне значення, так як звідси випливають безпосередні рекомендації шукати ефективні присадки до технологічних рідин та компоненти МОТС серед полімерних сполук, що дають в ланцюзі термомеханічних перетворень активні форми вуглецю та водню [3].

Пізнання законів такого виключно складного за багатоплановістю та екстремальністю умов протікання процесу, яким є різання металу при безперервному поливі рідиною з багатьма розчиненими й емульгованими в ній компонентами, надзвичайно ускладнене через відсутність даних вхідних параметрів (наприклад, поля температур, тисків, концентрацій і т.п.), без знання яких важко будувати будь-які теоретичні моделі.

Разом з тим, можна виділити ряд проблем, вирішення яких дає можливість просунутися в цьому питанні в правильному напрямку. Серед них найбільш важлива - з'ясування детального складу газоподібних продуктів перетворення полімерної присадки в зоні різання і оцінка трибологічної активності цих газів.

Для цього було проведено дослідження газоподібних продуктів, що утворюються при піролізі і механо-хімічній деструкції поліетиленової емульсії ОКСАЛЕН-30, поліетилену (ПЕ) молекулярної маси 100000, отриманого на ванадієвому каталізаторі, полівінілхлоридної емульсії і полівінілхлориду.

Піроліз проводився в кварцових ампулах. Навішування полімеру в кількості 0,5 г укладалося на дно ампули і піддавалося вакуумуванню з невеликим прогріванням (50°C). Вакуумована ампула розміщувалася у попередньо нагрітій до 800...850°C муфельній печі

до повного обвуглювання зразка (1...2 хв). Утворені при цьому продукти піролізу конденсувалися в холодній частині ампули. Після піролізу ампула наповнювалася гелієм до атмосферного тиску з метою подальшого введення її вмісту в шприц-камеру хроматографа.

Аналізувалася також газова фаза, що утворювалася під час свердління сталі у відповідному МОТС. Відбір досліджуваних газів проводився стандартизовано за допомогою каліброваного натікача в обсяг (1 л) протягом 1,5 хв. Всі летючі продукти збирали спочатку при температурі рідкого азоту (-196°C) в однілітровий об'єм. Конденсовану фракцію (час конденсації 30 хв.) концентрували, охолоджуючи її в малий об'єм (10 см³) з наступним заповненням ампул гелієм для проведення хроматографічного аналізу. Газоподібна фракція, яка не конденсується при температурі рідкого азоту не аналізувалася.

Свердління сталі 12Х18Н9Т в МОТС проводили свердлом Р6М5 діаметром 5 мм при швидкості обертання свердла 1500 об/хв. На дно сталевого стакану тонким шаром наносили ПЕ емульсію і закривали кришкою яка мала два отвори: для введення свердла і відбору газоподібних продуктів, що утворюються під час свердління сталі.

Аналіз газової фази проводився на газовому хроматографі CHROM-5 (70°C, Porapak-R, витрата газу-носія 30 мл/хв). У табл.1 наведено результати хроматографічного аналізу газоподібних продуктів термічного і механо-хімічного розкладання ПЕ емульсії. Кожна цифра відповідає середньому значенню з трьох визначень.

Таблиця 1 - Хроматографічний аналіз газоподібних продуктів, що виділяються в процесах піролізу ПЕ емульсії і свердління сталі в МОТС

№	піроліз		свердління		Часи утримування індивідуальних речовин, сек.	
	ПЕ ем.	ПЕ	ПЕ ем.	ПЕ + вода		
1	17	16	16	17	17	метан
2	-	29	28	-	30	етилен
3	30	33	33	34	34	етан
4	99	100	96	105	96	пропілен
5	145	-	-	-	105	пропан
6	263	260	257	264	-	-
7	400	400	400	410	400	ізобутен
8	575	-	-	-	-	-
9	1260	-	1280	1200	1290	ацетон
10	1650	1620	-	-	1620	пентен
11	4380	4350	-	-	4350	гексен
12	-	6690	-	-	6630	гексан

З таблиці видно, що склад газових сумішей, які утворюються при піролізі і під час свердління в області летючих фракцій більш-менш ідентичний, тоді як для висококиплячих фракцій істотно відрізняється. У продуктах свердління відсутні фракції 10, 11, 12, що можна пояснити їх активним розкладанням або/і поглинанням на ювенільній поверхні сталі.

Аналогічні дані отримані в дослідах з піролізу і свердління в середовищі полівінілхлоридних емульсій. Відмінність полягає лише у наявності в газових фазах хлорвмісних вуглеводнів.

Вивчення впливу газоподібних продуктів піролізу полімерних присадок на процес різання сталі з метою оцінки їх трибологічної активності проводилося за допомогою вакуумної камери - приставки до токарного верстата, оснащеної пристосуванням для вимірювання крутних моментів.

Камера була конструктивно оформлена у вигляді труби з фланцями по торцях, які, в свою чергу, кріпилися до відповідних фланців введення руху і тензометричного блоку з ущільненням кільцевими прокладками з гуми ВТ-3. Камера мала два оглядових вікна для підготовки і візуального спостереження за ходом експерименту, а також вимірювання температури в зоні різання. Вимірювання температури проводилося пірометричним способом. У конструкції камери була передбачена можливість вимірювання температури термоелектричним методом. Тензометричний блок для вимірювання крутного моменту представляв собою прямокутний корпус, закріплений на супорті верстата. У корпусі знаходився підшипниковий вузол з шпинделем, співвісним з оправкою фрези. З одного кінця шпинделя закріплювалася заготовка, з іншого - тензометрична балка. Оброблюваною заготовкою був трубчастий зразок зі сталі 45 діаметром 38 мм з пазом для полегшення відведення стружки із зони різання. Вакуумування камери і проміжних порожнин проводилося через канали, розташовані в корпусі. Герметизація високовакуумного обсягу камери від середньовакуумних обсягів порожнин здійснювалася за допомогою гумової мембрани, що не заважала повороту шпинделя під дією сили різання в межах $\pm 3^\circ$.

Пристрій для вимірювання крутного моменту складався з вимірювального моста і підсилювально-вимірювальної апаратури. Чутливим елементом слугувала тензометрична балка з наклеєними тензодатчиками. Крутний момент від осі приводного елемента інструменту передавався під дією сил різання через оброблювану заготовку на шпindel з тензометричною балкою, спричиняючи її поворот, вигин на невеликий кут. При цьому тензодатчики сприймали деформацію тензометричної балки і перетворювали її в електричний сигнал, що надходив на тензометричний підсилювач УТ-4-1 і реєструвався потенціометром КСП-4. У дослідях з вакуумною камерою досліджувався вплив більшості компонентів газової суміші на параметри різання.

Для кожного з газів вимірювалися крутний момент, що виникав при точінні заготовки, і аналізувався склад утвореної при цьому газової суміші. За результатами досліджень отримані наступні висновки:

- 1) крутний момент не залежить від тиску газу в камері в інтервалі від 0,5 до 100 мм рт.ст.;
- 2) в ряду сполук, що досліджувались, крутний момент слабо залежить від їх природи;
- 3) всі вивчені продукти піролізу полімерних присадок демонструють зниження крутного моменту в порівнянні з повітрям і вакуумом;
- 4) зниження крутного моменту при механічній обробці в досліджуваних продуктах піролізу полімерної складової МОТС в порівнянні з повітрям або вакуумом знаходиться в межах 37...50%.

Серед сполук, що утворюються при точінні в атмосфері кожного з вивчених газів, не виявлено ніяких з'єднань, які б перебували серед продуктів піролізу вихідної присадки. З іншого боку, серед сполук, що утворюються при точінні в атмосфері ацетону, бензолу, толуолу, етилену, пропану, метану, етану, пропілену, ізобутену, гексену, пентену немає високомолекулярних ненасичених вуглеводнів. Таким чином, можна зробити висновок про те, що сполуки утворюються в піролітичних ланцюгах, які починаються від вихідних полімерних присадок, а не від будь-яких проміжних продуктів.

Як відомо, між величиною крутного моменту і характеристиками зносу інструменту в більш-менш широкому інтервалі зміни величин спостерігається лінійна кореляція. Отже, будь-який з досліджених компонентів в принципі може бути відповідальний за зниження зносу інструменту при використанні МОТС з полімерною присадкою принаймні на третину. У той же самий час відсутність будь-якої помітної залежності крутного моменту від природи вуглеводневого газу вказує на єдність природи елементарних актів, що лежать в основі трибохімічного процесу. Можна, наприклад, припустити, що в зоні

різання поблизу різальної кромки в умовах високих температур, зсувних навантажень і наявності екзоелектронної емісії будь-який з досліджуваних газів деструктує до стану хімічної плазми з істотним переважанням активних форм водню і вуглецю. Таким чином, спостережувані ефекти можна пояснити на основі наведеної вище гіпотези щодо ролі активних форм водню в механо-хімічному процесі руйнування при різанні.

Study of transformations of polymers and low molecular weight analogues in conditions modeling metal cutting

Hrubnyk O., Soshko V.

***Annotation:** The methods and results of studies of the composition of the gaseous products of pyrolysis of polymeric additives and compounds and identify the influence of components of gas mixtures in the process of cutting in the framework of the hypothesis about the permanent carbonation of the tool cutting edge, the saturation with hydrogen of the workpiece material and the chips and the active participation of hydrogen in the mechano-chemical process when the metal in the lubricating-cooling technological environment (MOTS). According to the results of studies on the effect of gaseous pyrolysis products of polymer additives on the cutting process of steel, a decrease in torque was recorded in comparison with air and vacuum within 37...50% for all pyrolysis products of polymer additives and a weak dependence of torque on the nature of the components, which confirms the hypothesis of the destruction of the studied gases to the state of chemical plasma with a significant predominance of active forms of hydrogen and carbon in the cutting zone at high temperatures, shear loads and the presence of exoelectronic emission.*

***Keywords:** cutting medium; cutting treatment; hydrogen destruction*

Исследование превращений полимеров и низкомолекулярных аналогов в условиях, моделирующих резание металлов

Грубник А.В.; Сошко В.А.

***Анотация:** Приведена методика и результаты исследований по изучению состава газообразных продуктов пиролиза полимерных присадок и соединений и выявления влияния компонентов газовых смесей на процесс резания металла в рамках гипотезы о перманентной карбонизации режущей кромки инструмента, насыщения водородом материала заготовки и стружки и активном участии водорода в механо-химическом процессе при металлообработке в смазочно-охлаждающей технологической среде (МОТС). По результатам исследований влияния газообразных продуктов пиролиза полимерных присадок на процесс резания стали зафиксировано снижение крутящего момента в сравнении с воздухом и вакуумом в пределах 37...50% для всех продуктов пиролиза полимерных присадок при слабой зависимости крутящего момента от природы компонентов, что подтверждает гипотезу о деструкции исследуемых газов до состояния химической плазмы с существенным преобладанием активных форм водорода и углерода в зоне резания в условиях высоких температур, сдвиговых нагрузок и наличии экзоелектронной эмиссии.*

***Ключевые слова:** смазочно-охлаждающая среда; обработка резанием; водородное разрушение*

Список літератури

1. Сошко А.И. Смазочно-охлаждающие средства в механической обработке металла / Сошко А.И., Сошко В.А. Херсон: Олди-плюс, 2008. 618 с.
2. Сошко В.А., Сошко А.И. Механохимическая обработка металлов. ФРГ: LAMBERT Academic Publishing., 2015. 98 с.
3. Сошко В.А., Сошко А.И., Грубник А.В. Механизм влияния смазочно-охлаждающих технологических сред на разрушение металла при резании. *Технология машиностроения*. 2019. №1(199). С. 16-27.