

П.П. Мельничук, д.т.н., проф.
В.Ю. Лоєв, к.т.н., проф.
В.Г. Сніцар, ст. викл.
С.А. Клименко, магістр

Житомирський державний технологічний університет

СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ У ВЕРСТАТОБУДУВАННІ

У статті розглянуті питання, пов'язані із застосуванням у вузлах і механізмах сучасних верстатів новітніх розробок у матеріалознавстві. Надані рекомендації щодо практичного впровадження нових матеріалів при виготовленні відповідальних деталей, з метою підвищення параметрів точності та довговічності виробів.

Вступ. Відповідальні деталі верстатів з традиційно застосовуваних матеріалів, а також технологічними процесами їх виготовлення забезпечують певний рівень якісних характеристик техніки, але за визначенням провідних вчених світу наближаються до своїх максимально досяжних значень.

Серед традиційних матеріалів – сірі чавуни СЧ12...СЧ35 – ГОСТ 1412–85; антифрикційні чавуни АЧС, АЧК, АЧВ – ГОСТ 1215–79; ковкі чавуни КЧ30-6, КЧ33-8...КЧ80-1,5 – ГОСТ 1215–79; високоміцні чавуни ВЧ35...ВЧ100 – ГОСТ 7293–85; вермикулярні чавуни ЧВГ30...ЧВГ45 – ГОСТ 1412–85; леговані чавуни хромисті – ЧХ2...ЧХ32, кремнієві – ЧС5...ЧС17, алюмінієві – ЧЮ6С5...ЧЮ22Ш, марганцеві, нікелеві – ГОСТ 7769–82 та інші.

Відповідальні деталі верстатів зі сталей налічують ширшу номенклатуру марок. Тут використовуються вуглецеві та леговані сталі, в тому числі спеціального призначення. Так, шпинделі верстатів виготовляються зі сталей 40Х, 38ХМЮА, 20ХН тощо. Накладні напрямні – зі сталей 20Х, 40Х, ШХ15, 38МЮА – ГОСТ 4543–71. Цанги затискні – зі сталей 65Г ГОСТ 1054–74; 60С2, 60С2А – ГОСТ 1459–79; У8, У8А – ГОСТ 1435–90. Підшипники кочення (тіла кочення, кільця) – зі сталі ШХ9, ШЧ-15 – ГОСТ 801–78 та інші. Зубчасті колеса відповідальних вузлів і механізмів, що впливають на кінематичну точність і плавність передач – зі сталі 18ХГТ, 30ХГТ, 20ХНР, 20ХГНР, 20ХНЗА – ГОСТ 4543–71 та інші. Черв'ячні колеса – з бронзи Бр.ОФ10-1, Бр.ОНФ, Бр.АЖ9-4. Але, крім призначення марки матеріалу для конкретної деталі, розроблена значна кількість різноманітних технологічних методів підвищення її експлуатаційних властивостей, які наведені на рис. 1.

Збалансоване, взаємопов'язане системне рішення із забезпеченням необхідного техніко-економічного рівня обладнання, створення принципово нових конструкцій вузлів і пристроїв, а також окремих деталей на основі повного і широкого використання властивостей матеріалів є одним із суттєвих напрямків, що визначають прогрес в області розвитку і створення нових конструкцій верстатів.

Актуальність проблеми. В машинобудуванні можливо прослідкувати шість основних методів покращення експлуатаційних характеристик деталей, а саме:

- термічна обробка;
- хімічна обробка;
- хіміко-термічна обробка;
- поверхневе пластичне деформування;
- гальванічні та хімічні покриття;
- інші засоби надання поверхні антифрикційних властивостей.

Кожен з наведених методів налічує певну кількість впроваджених у виробництво технологічних процесів, що змінюють у вибраному напрямі техніко-економічні властивості деталі та виробу в цілому. Наприклад, поверхневе пластичне деформування може здійснюватися таким чином:

- алмазним вигладжуванням;
- дробоструменевою обробкою;
- чеканкою;
- обкочуванням кульками або роликками;
- гідрополіруванням;
- вибуховим навантаженням.

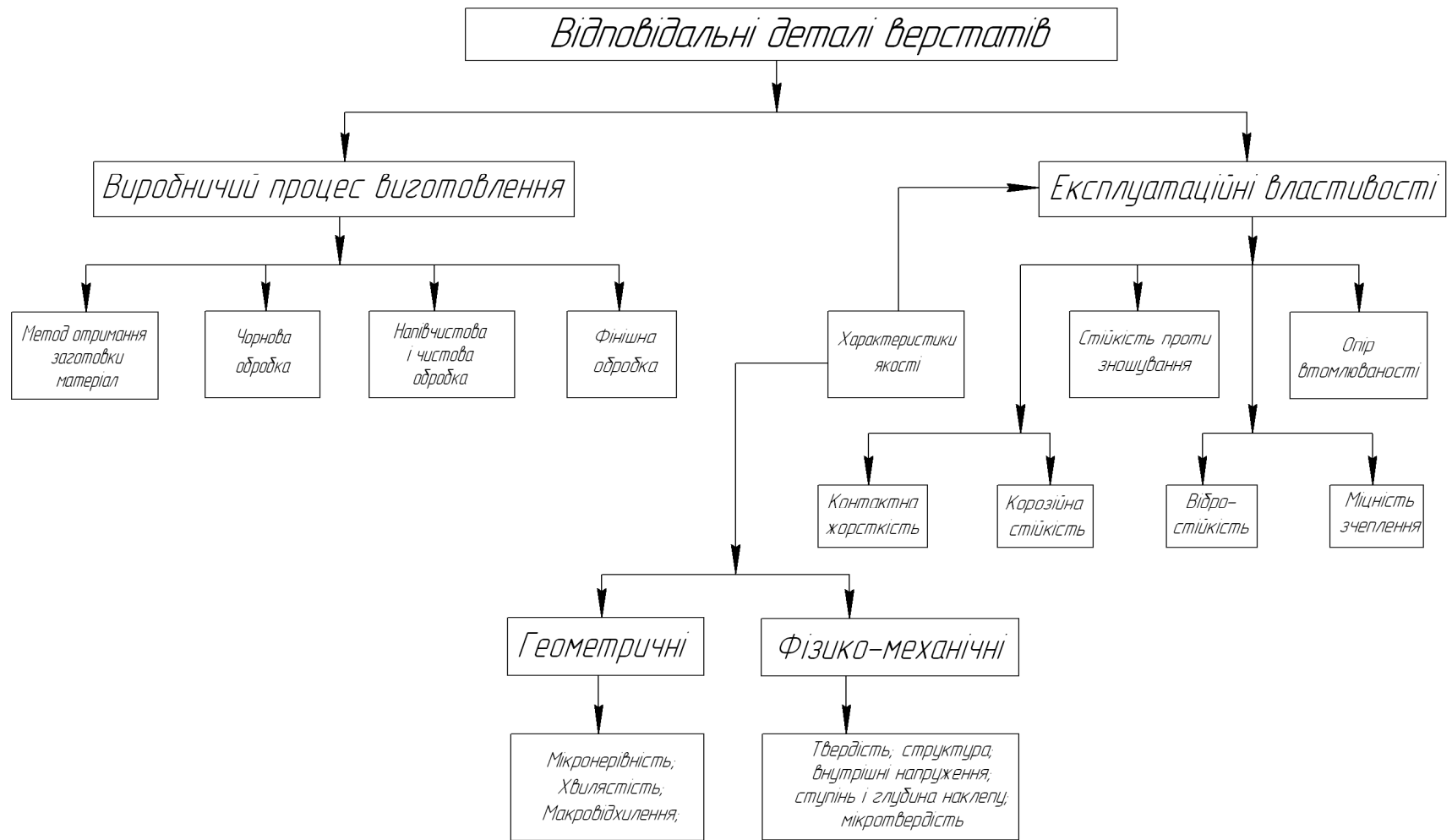


Рис. 1. Експлуатаційні характеристики відповідальних деталей верстатів

Хіміко-термічна обробка передбачає:

- цементацію;
- азотування;
- хромування;
- силіціювання;
- ціанування тощо.

Забезпечити надання поверхням деталей антифрикційних властивостей можливо такими методами:

- фрикційним;
- латунюванням;
- графітуванням;
- нанесенням покриття у вакуумі;
- металізацією;
- покриттям пластмасами тощо.

Не зважаючи на те, що існує значна кількість різноманітних методів покращення експлуатаційних властивостей деталей машин та механізмів, залишається проблематичним упровадження сучасних вимог до виробів, у першу чергу, до металообробних верстатів, а саме:

- суттєве зменшення матеріалоємності при підвищенні міцнісних і жорсткісних характеристик;
- підвищення параметрів точності обробки зі збереженням їх тривалий час;
- забезпечення високої надійності роботи в автоматичному режимі;
- подальше збільшення швидкостей відносного переміщення вузлів і обертів шпинделя;
- мінімізація впливів температурних деформацій та інших зовнішніх чинників на точність обробки;
- сприяння розробці сучасних верстатів з паралельними структурами і числовим програмним управлінням;
- адаптація технологічної оброблюючої системи верстата до змінних характеристик заготовки та інструментів.

Правильний вибір нових матеріалів для відповідальних деталей верстатів і складових частин верстатних систем у поєднанні з цілеспрямованими на отримання необхідної точності та якості технологічними процесами дають можливість суттєво підвищити технічні параметри обладнання, його довговічність зі значним зниженням матеріалоємності.

Викладення основного матеріалу. Постійно зростаючі вимоги до підвищення точності та довговічності металообробних верстатів з одночасним зменшенням матеріалоємності та витрат на їх виготовлення призвели до створення у минулому столітті нового класу сталей [1]. Це залізонікелеві сплави (8...20 % Ni), що додатково леговані титаном, алюмінієм, кобальтом, хромом, молібденом та іншими елементами. Ці сплави були названі мартенсито-старіючими.

Зміцнення мартенсито-старіючих сплавів досягається в результаті мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha$ -перетворення з наступним старінням мартенситу при 450...550 °С. Найвпливовішими зміцнюючими елементами є титан і алюміній, але для збереження високої пластичності та в'язкості зістареного мартенситу рекомендується обмежувати наявність титану до 0,7...0,8 %, а алюмінію – до 0,1...0,2 %.

У машинобудуванні найбільш розповсюджені сталі Н18К9М5Т, Н9Х12Д2Т, Н112К8М3Г2 (ЭП-637, Мс-200), які після старіння мають твердість НКС 52...53. Вони підлягають азотуванню.

Порівняно з іншими високоміцними сталями мартенсито-старіючі мають малу чутливість до концентраторів напружень. Це сприяє високій експлуатаційній надійності та довговічності деталей, виготовлених із цих сплавів. Вони легко штамнуються і обробляються різанням.

При проектуванні вузлів сучасних металообробних верстатів та іншої машинобудівної продукції часто, крім міцнісних параметрів деталей, необхідно забезпечити їх корозійну стійкість. З цією метою розроблено групу хромистих корозійностійких мартенсито-старіючих сталей (Х12Н8К5М2Т, О3Н10Х11М2Т та інші), які поряд з виділенням інтерметалідної фази при старінні зміцнюються збагаченими хромом зонами розміром 1...3 нм, когерентно пов'язаних з матрицею.

Враховуючи достатньо високу ціну мартенсито-старіючих сталей, їх застосування економічно доцільне лише при виготовленні найбільш відповідальних деталей: матриці та пуансони штампів, фіксатори і торцеві зубчасті муфти інструментальних головок тощо.

Як приклад, наведені можливості застосування деяких нових матеріалів.

Синтегран (синтетичний граніт – один з видів полімербетону) можливо широко застосувати для виготовлення базових деталей (основи, станіни, стійки, рами, тумби, колони тощо, рис. 2); корпусних деталей (столи, супорти, шпиндельні бабки тощо); деталей, що працюють в агресивних середовищах (ванни, деталі електрохімічних верстатів); деталей вимірювальної і спеціальної техніки (вимірювальні плити, стійки, траверси, напрямні тощо) і навіть різцетримачів (борштанги, корпуси фрез тощо).

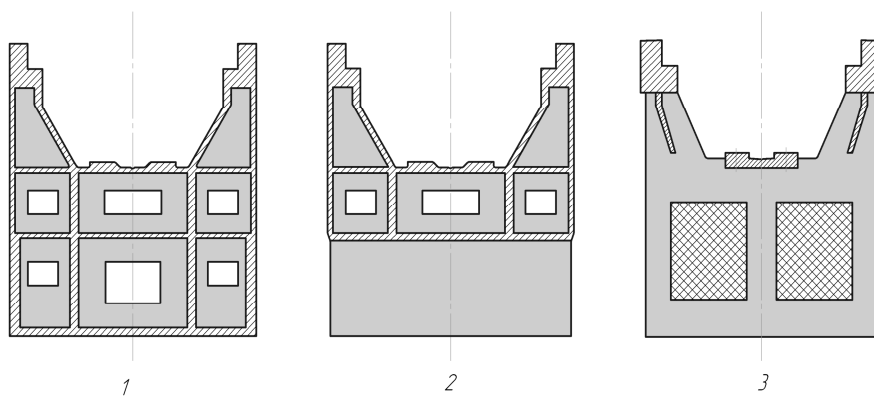


Рис. 2. Принципові конструктивні рішення станин при використанні полімербетону:
 1 – чавунна станина, заповнена полімербетоном; 2 – комбінована станина;
 3 – полімербетонна станина

Волокнисті композиційні матеріали являють собою сполучення високоміцних волокон з матрицею. Волокна виготовляють з графіту, бору, сапфіру, скла, карбиду кремнію, з металів і сплавів. Як матрицю використовують фенолоформальдегідну, епоксидну та поліамідну смоли, алюміній, титан, жароміцні сплави. Сполучення різних волокон з різноманітними матрицями забезпечують різні властивості матеріалу.

Модуль пружності композиційних матеріалів у напрямку вздовж осі волокон визначається правилом суміші [1]:

$$E = C_B \cdot E_B + (1 - C_B) \cdot E_M,$$

де E_B і E_M – модулі пружності волокон і матриці відповідно; C_B – об’ємна доля волокон.

Високоміцні джгути або рівниці виготовляють з пучків ниток вуглецю діаметром 8 мкм. Кожний джгут складається з 1428 до 150000 ниток залежно від способу виробництва.

Врахованими є властивості волокон і ниткоподібних монокристалів (табл. 1).

Таблиця 1

Властивості волокон і ниткоподібних монокристалів

Матеріал	Температура плавлення або розм’якчування, °С	ρ , г/см ³	σ_B , МПа	$\frac{\sigma_E}{\gamma^*}$, КМкН	$E \cdot 10^{-3}$, МПа	Середній діаметр волокна, мкм
Вуглець (графіт)	3650	1,6...2,0	1687...3374	110...210	216...677	5,8...7,6
Бор на вольфрамівому дроті	2300	2,63	2707...4060	110...160	373...402	102...142
Оксид алюмінію Al_2O_3	2040	3,14	2030	66	169	3,0
Берилій	1284	1,85	686...981	38...54	295	125...1500
Карбід кремнію SiC (ниткоподібні монокристали)	2690 (температура розкладу)	3,22	13533...40600	440...1320	441...1010	0,51...11,0

Примітка: * – $\gamma = 9,31 \cdot \rho$

Управління станом конструктивних елементів верстатів, що формують їх вихідні точнісні параметри, може здійснюватись за рахунок використання матеріалів з функціонально обумовленими властивостями. Особливий інтерес становлять матеріали з термомеханічною пам’яттю (ТМП), які ще часто називають матеріалами з ефектом пам’яті форми [2].

Процес запам’ятовування певної форми деталі при певній температурі та повернення до спотвореної форми повністю пов’язаний з мартенситними перетвореннями, що відбуваються в матеріалі, з якого виготовлена деталь, у разі зміни температурного режиму, в якому цей матеріал знаходиться (рис. 3).

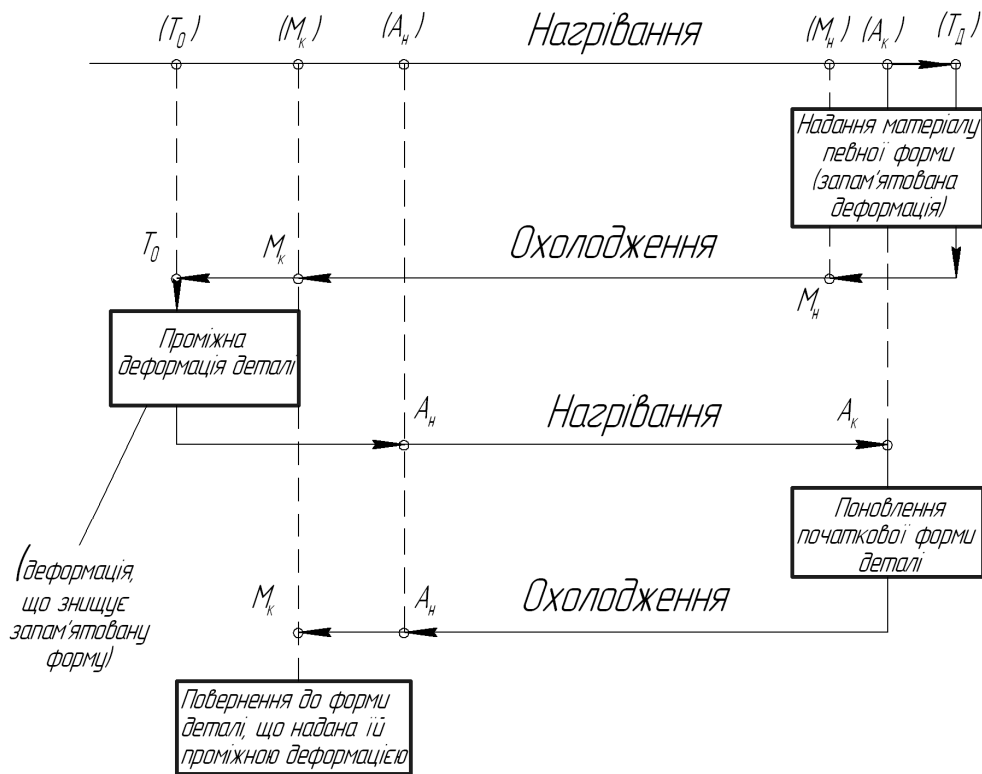


Рис. 3. Механізм перетворення форми деталей з матеріалів, які мають термомеханічну пам'ять: T_d — температура, вища температури початку прямого мартенситного перетворення; A_H — температура початку процесу прямого мартенситного перетворення; M_H — температура кінця мартенситного перетворення; A_K — температура кінця процесу зворотного фазового перетворення; M_K — температура кінця процесу мартенситного перетворення; T_0 — температура, нижча за температуру кінця мартенситного перетворення

При температурі (T_d), що перевищує температуру початку прямого мартенситного перетворення (M_H), проводять деформацію заготовки (ковка, протяжка, штампування тощо), надаючи їй певну потрібну форму. Далі, з метою забезпечення повного мартенситного перетворення в матеріалі, з якого виготовлена деталь, проводять охолодження до температури T_0 , яка нижча температури кінця мартенситного перетворення M_K . Матеріал з ТМП у цій температурній області має дуже високу пластичність, і деталь може бути легко деформована в необхідну проміжну форму, що є вихідною для подальшого процесу поновлення. Нагрівання деталі до температури A_H початку зворотного фазового перетворення призводить до поновлення її форми, набутої при температурі T_d . Цей процес закінчується при температурі A_K , що відповідає закінченню зворотного фазового перетворення.

Описаний вище цикл нагрівання-охолодження деталі може проводитись багаторазово з досягненням зміни її форми, що можливо використати в різних механізмах, і навіть у силових.

У роботі [3] наведені деякі сплави, їх склад і температури точок перетворення (табл. 2).

Таблиця 2

Сплави з термомеханічною пам'яттю

Матеріал, сплав	Склад, ат.%(мас. %)	Температура перетворення, °C			
		M_H	M_K	A_H	A_K
Ti-Ni	50 Ni	65	40	95	105
	50,5 Ni	20	-5	25	55
	51 Ni	-65	-95	-30	-10
Cu-Al-Ni	14...15 Al(3 Ni)	3...6	-11	15	20
Fe-Ni	19 Ni	210	103	570	604

	28 Ni	7	-100	425	526
	30 Ni	-95	-196	380	430
Cu-Mn-Al	10...14 Mn, 8...10Al	150...160	-196	165...185	130...135
Cu-Zn	38,8 Zn	-22	-78	-62	-7
Cu-Zn-Sn	38,1 Zn, 4,5 Sn	-30	-100	-40	80
Ag-Cd	44,8 Cd	-63	-84	-69	-40
	45,0 Cd	-74	-98	-80	-67
	45,8 Cd	-87	-114	-97	-79
In-Ti	20,7 Ti	71	67	68	73

Найбільш дослідженими є інтерметалеві сплави нікелю і титану, в яких ефект ТМП був визначений вперше. Досліджуваними параметрами для можливості плідного використання є робоче напруження σ , що супроводжує процес, корисна деформація ε та температури структурних перетворень T .

Сукупність фізико-механічних властивостей матеріалів з ТМП визначають у вигляді функції:

$$f(\sigma, \varepsilon, T) = 0.$$

У роботі [2] наведений графічний взаємозв'язок σ , ε і T для заданої вихідної деформації (рис. 4).

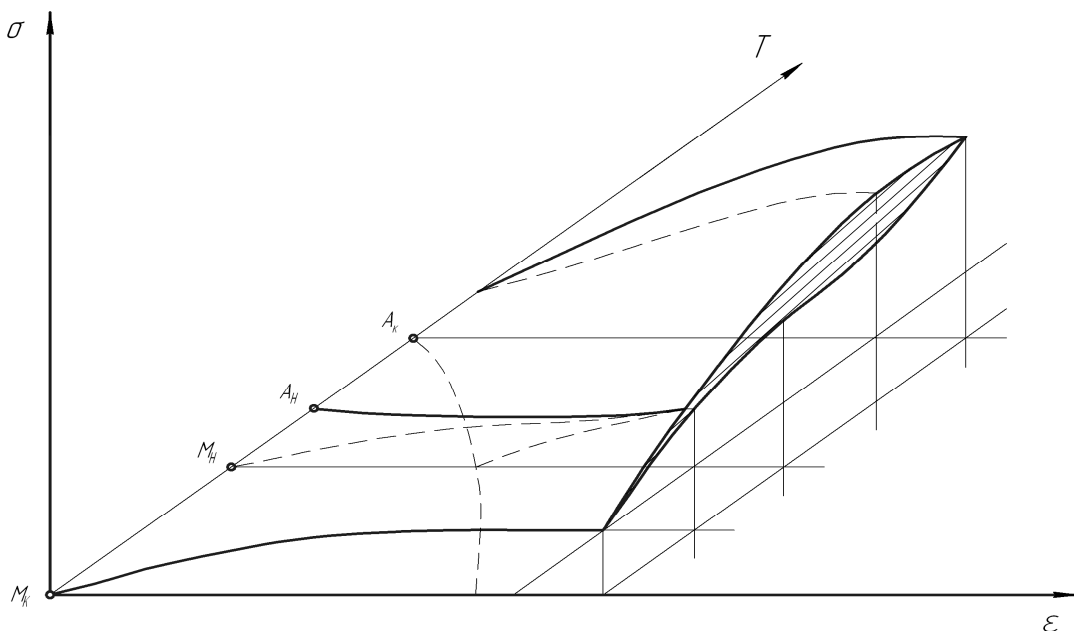


Рис. 4. Функціональний взаємозв'язок напруження, деформації та температури матеріалів з ТМП

Залежність між напруженням, що розвивається в процесі перетворень, і деформацією має вигляд [3]:

$$\sigma = \sigma(T) \cdot \varepsilon^m,$$

де $\sigma(T)$ – межа плинності на одиницю деформації при температурі T ;

ε – фактична деформація:

$$\varepsilon = \ln\left(1 + \frac{\Delta l}{l}\right),$$

де Δl – подовження;

l – довжина;

m – показник степені, що залежить від температури.

В свою чергу:

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_n + \varepsilon_n + \varepsilon_o + \varepsilon_T,$$

де ε_y – пружна деформація;

ε_n – непружна деформація, що обумовлює деяке повернення форми в разі зняття навантаження (найбільш впливова в області низьких напружень);

ε_n – деформація, що запам'ятовується та поновлювана при наступному зворотному перетворенні;

ε_o – залишкова деформація;

ϵ_T – деформація, що пов’язана з термічним розширенням (для сплавів нікель-титан вона складає не більше 5 % повної фактичної деформації).

Напрями використання властивостей деталей, виготовлених з матеріалів, що мають ТМП, наведені на рис. 5.

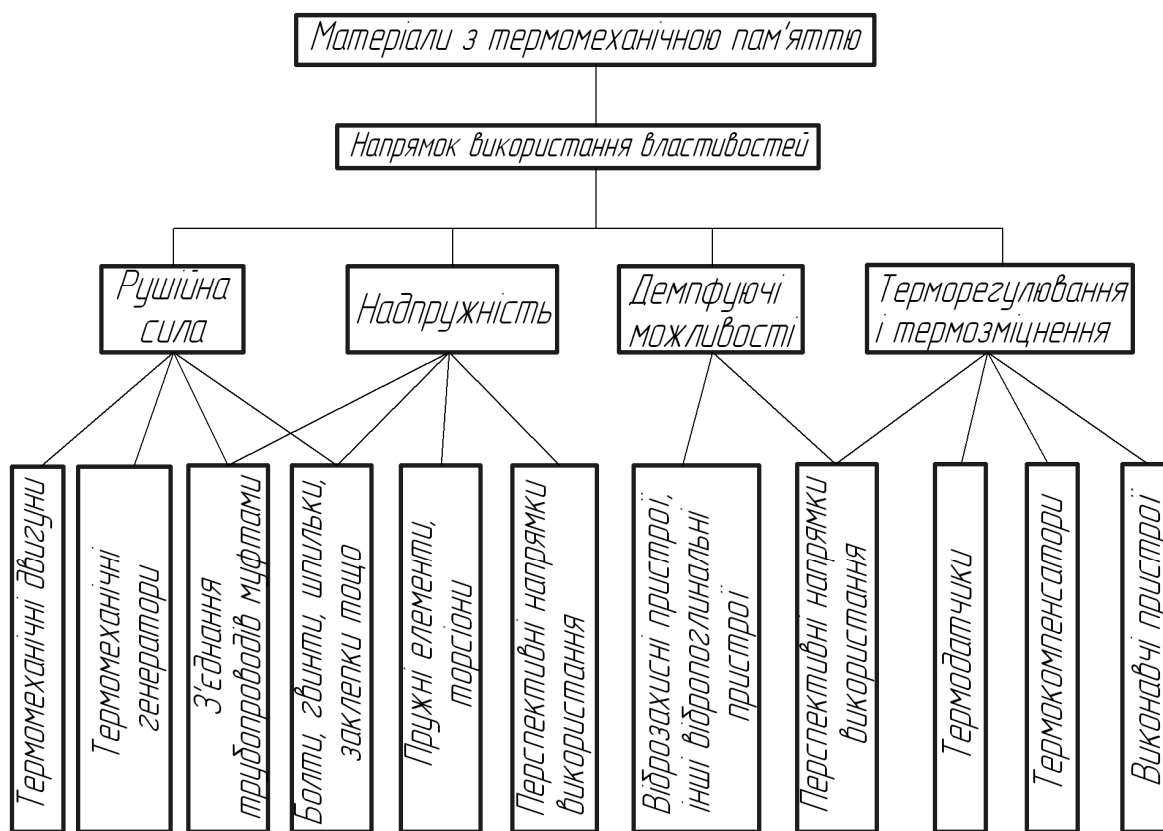


Рис. 5. Властивості деталей з матеріалів, що володіють ТМП, і використання їх у машинобудуванні

Слід зазначити, що в сучасному машинобудуванні, особливо у верстатобудуванні, визначені властивості використовуються не в повному обсязі. Перспективні розробки в цьому напрямі мають проводитись як у вивченні самих властивостей, так і у практичному використанні їх у вузлах і механізмах.

Вже зараз використовують термомеханічні двигуни, пружини, демпфери, муфти, приводи маніпуляторів, реверсивні механізми, преси з приводами, виготовленими з деталей, матеріалом яких є сплав з ТМП (рис. 5). Прес працює таким чином. У робочу зону штампа подається заготовка, яка укладається на нижню частину 1 штампа. Потім здійснюють електронагрів силового елемента 2, який, досягнувши температури «пам'яті», починає стискатися. Один кінець важеля упирається в опору 3, інший переміщає повзун 4 вниз. Одночасно додатково навантажується механізм 5 зворотного ходу і попереднього розтягування. Верхня частина штампа опускається разом з повзуном – проводиться штампування заготовки.

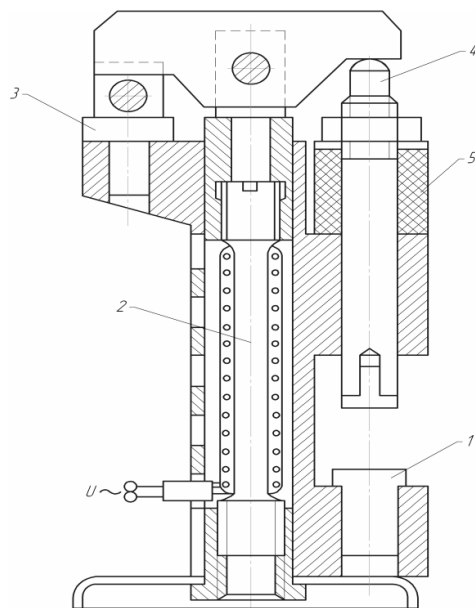


Рис. 6. Прес для штампування з вузлами із матеріалу з ТМІ

Головний напрям використання сплавів з пам'яттю форми в інтелектуальних технологіях – це приводи, що перетворюють теплову енергію на рух або механічну роботу [6].

Силкові приводи зі сплавів з пам'яттю мають ряд переваг:

- високу діючу силу;
- великі відновлювані деформації;
- різні види деформації (розтягуючі, стискаючі, згинаючі та крутні);
- велику питому величину роботи з розрахунку на одиницю маси.

Однією з областей використання матеріалів з ТМІ є їх застосування, як з'єднувальних муфт для труб (рис. 7). Для них використовується сплав $Ti-Ni-Fe$, температура перетворення якого значно нижча за кімнатну ($-150\text{ }^{\circ}C$). Внутрішній діаметр муфти виготовлявся приблизно на 4 % меншим, ніж зовнішній діаметр труб, що з'єднуються. При з'єднанні муфта занурювалася в рідке повітря і витримувалася при низькій температурі. У такому стані в муфту вводився дорн з певною конусністю, що збільшує внутрішній діаметр на 7–8 %. Як змащувальний матеріал при розширенні труб доцільно використовувати поліетиленову плівку. В розширену таким чином муфту вводяться з двох сторін труби, що з'єднуються, видаляється пристрій для підтримки низької температури, після чого температура муфти підвищується до кімнатної. Внутрішній діаметр муфти відновлюється до того діаметра, який муфта мала перед розширенням, відбувається міцне з'єднання труб [7].

Для нерухомого з'єднання деталей зазвичай використовують заклепки і болти. Проте якщо неможливо здійснити які-небудь дії на протилежній стороні деталей, що скріплюються (наприклад, у герметичній пустотілій конструкції), виконання операції кріплення викликає труднощі. Стопори зі сплаву з ефектом пам'яті форми дозволяють у цих випадках здійснити кріплення, використовуючи просторове відновлення форми.

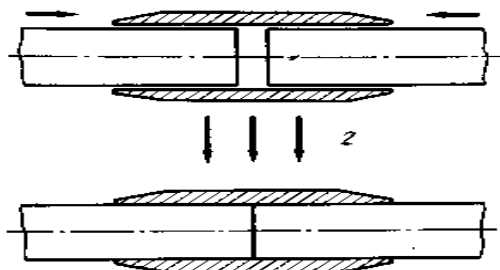


Рис. 7. З'єднання труб з використанням ефекту пам'яті форми

Стопори виготовляються зі сплаву з ефектом пам'яті форми, у якого $A_f < T$ кімнатної, причому в початковому стані стопор має розкритий торець (рис. 8, а). Перед здійсненням операції кріплення стопор занурюється в сухий лід або рідке повітря і достатньо охолоджується, після чого торці випрямляються

(рис. 8, б). Стопор вводить в нерухомий отвір для кріплення (рис. 8, в), при підвищенні температури до кімнатної відбувається відновлення форми, торці штифта розходяться (рис. 8, г) і операція кріплення завершується [6].

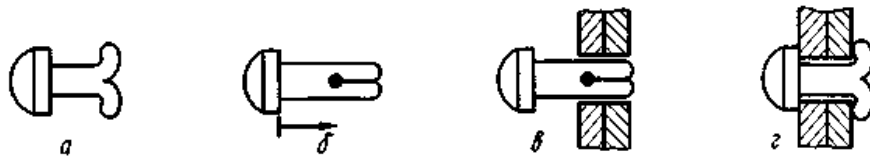


Рис. 8. Принцип дії стопора з ефектом пам'яті форми

Елементи з ефектом пам'яті форми можуть одночасно виконувати функції датчиків температури і функції виконавчих елементів, тому використання їх у цих цілях найбільш ефективне. Зворотно-поступальний або обертальний рух виконавчих елементів здійснюється відповідним способом нагріву. Як правило, застосовується нагрів прямим пропусканням струму, проте відповідно до призначення елементів використовуються й інші способи: за допомогою пропускання гарячої та холодної води, обдуваючи гарячим повітрям, високочастотний індукційний нагрів, інфрачервоним і лазерним випромінюванням [7].

Найхарактернішою особливістю виконавчих елементів з пам'яттю форми є їх мініатюрність. Це обумовлено простотою механізму їх дії, а також тим, що елемент складається з одного сплаву. Іншою характерною особливістю виконавчих елементів зі сплаву з ефектом пам'яті форми є те, що на їх дію впливає не середовище або атмосфера, а тільки температура. Отже, можлива установка цих елементів у таких середовищах, як вакуум або вода [6].

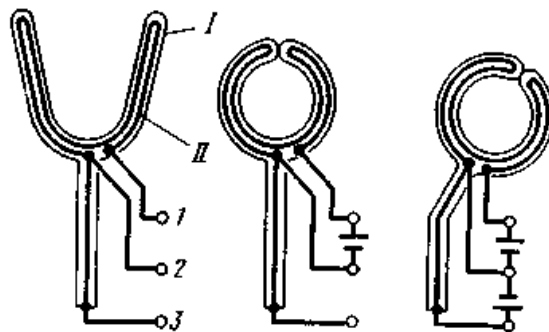


Рис. 9. Конструкція і принцип дії мікрomanipлятора зі сплаву з ефектом пам'яті форми:
I – гума силікону; II – дрiт

Ефективне використання матеріалів з ТМП у тих випадках, коли при обмежених масогабаритних характеристиках механізму вимагається одержати малі переміщення або швидкості виконавчого органа. Рух виконавчих органів різних механізмів верстата забезпечується елементами, які залежно від функціонального призначення переміщуються поступально, обертально або мають складну траєкторію руху. При цьому елемент, що забезпечує кожний вид руху, характеризується величиною і швидкістю переміщення, зусиллям, а також динамічними та тепловими характеристиками, що виникають. Виконавчі органи або механізми можуть переміщатися безперервно, циклічно або виконувати одноразове переміщення. Описані властивості матеріалів з ТМП можуть бути використані для зміни положення кінцевої ланки (вузла, деталі або механізму верстата), тобто для створення термомеханічних двигунів (ТМД), аналогічних за виконуваними функціями до традиційних [9]. Приклади конструкцій двигунів показані на рис. 10, 11.

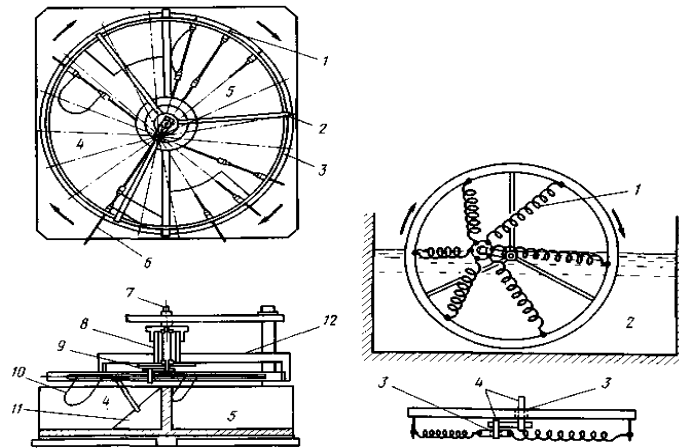


Рис. 10. Двигун Бенкса з кривошипно-шатунним механізмом:
 1 — положення найбільшого випрямлення стрижня; 2 — опора осі; 3 — привідний шків;
 4 — холодна вода; 5 — гаряча вода; 6 — положення найбільшого згину стрижня;
 7 — фіксована вісь; 8 — вихідний вал; 9 — фіксований вал; 10 — стрижень зі сплаву Ti—Ni; 11 —
 пластина, що підіймається; 12 — опора вала приводного шків

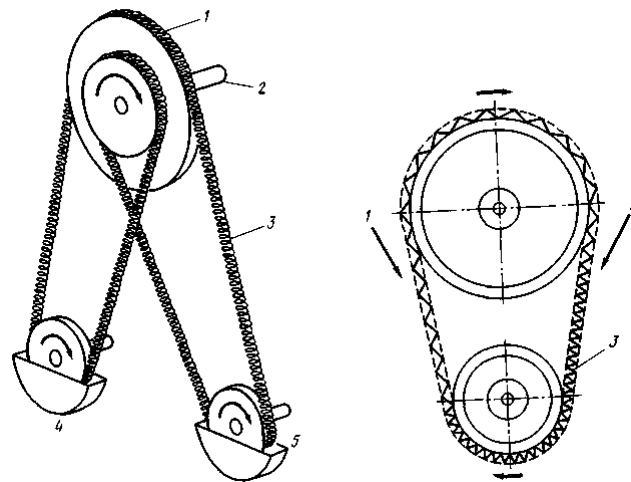


Рис. 11. Турбінний двигун Джонсона:
 1 — диференціальний шків; 2 — вихідний вал; 3 — нерозривна петля зі спіралі Ti—Ni;
 4 — резервуар з холодною водою; 5 — резервуар з гарячою водою

Властивості матеріалів з ТМП забезпечують можливість їх інноваційного використання. Але для успішного використання новітніх матеріалів потрібно врахувати як їх технологічні властивості, так і економічність.

Значно гірші обставини склалися з використанням наноматеріалів, не дивлячись на їх унікальні можливості.

Вважається, що подальший прогрес в одержанні матеріалів з новими властивостями буде пов'язаний зі створенням і вивченням структур та властивостей матеріалів, які складаються з малих кристаликів, кластерів, фрагментів об'ємом 10^3-10^6 атомів, на відміну від відомих на сьогодні монокристалічних або полікристалічних матеріалів об'ємом $10^{21}-10^{25}$ атомів. Зменшення розмірів блоків кристаликів призводить до суттєвої зміни властивостей матеріалу. Особливо це помітно при розмірах зерен кристалів у межах $10 \div 100$ нм. Такі структури називають нанокристалічними [9].

Головна ознака, яка відрізняє наноматеріал від звичайного, полягає в тому, що у наноматеріалів дуже великий коефіцієнт відношення поверхні до об'єму, навіть можна сказати, що наноструктура дозволяє "трансформувати" властивості поверхні в об'ємні властивості. У наноструктурах на поверхневий шар припадає до 50 % усієї речовини, в звичайних кристалах і полікристалах це відношення складає $10^{-9}-10^{-6}$ відповідно. Крім того, суттєво змінюється і структурний стан самого зерна-кластера. Дефекти кристалічної структури, типові для звичайних кристалів, такі як дислокації, вакансії, дефекти упаковки, в наноматеріалі не

можуть утриматись у зерні та виходять на зовнішню поверхню, перетворюючи структуру зерна на практично бездефектну.

Властивості наноструктурованих матеріалів залежать від декількох параметрів, які обумовлюють їх унікальність. Перш за все – від хімічного складу компонентів, дисперсності зерен-гранул (< 100 нм), взаємодії між складовими частками т. д. Наприклад, звичайна кераміка є досить крихким матеріалом, але із зернами нанометрового розміру нанокераміка стає пластичною і її можна розкачати в тонкі стрічки, а малі металеві частинки набувають властивостей високоефективних каталізаторів хімічних реакцій. Структура і дисперсність, а відповідно і фізико-механічні властивості наноматеріалів залежать від способів їх одержання. Перш за все це – газофазний синтез, плазмохімічний синтез, осаджування з колоїдних розчинів, механосинтез, детонаційний синтез, термічне поновлення, електричний вибух тощо [4]. Крім наведених вище, існують ще інші цікаві матеріали, застосування яких у верстатобудуванні дає значний техніко-економічний ефект. У машинобудуванні при механічній обробці деталей однією з актуальних проблем є орієнтація і затискання достатньо складних, різноманітних за формою, в тому числі нежорстких, заготовок. Це викликає необхідність проектування і виготовлення великої номенклатури дорогих затискних пристосувань.

У роботі [11] наведена інформація про пристосування до легкозмінного середовища, яке змінює фазу при визначених умовах. Заготовка занурюється в рідку фазу, далі відбувається затвердіння та її фіксація. Після завершення обробки тверда фаза перетворюється на рідку і деталь легко видаляється. Робоче середовище (рідина) щільно облягає заготовку та забезпечує її рівномірно розподіленим фіксуючим зусиллям, на відміну від концентрованого прикладання сил у традиційних затискних пристосуваннях, які викликають певні деформації.

Застосований матеріал легко змінює фазовий стан протягом декількох секунд і допускає багатократне повторення перетворень без яких-небудь змін своїх характеристик. Робоче середовище не повинно вступати в хімічну реакцію з матеріалами заготовки та впливати на якість її поверхні.

Пристосування з таким середовищем поділяються на дві основні групи: з фактичною зміною робочого середовища і його псевдофазовими змінами.

Фазове перетворення шляхом зміни температури застосовується в разі занурення в капсули заготовок для прецизійної обробки. В цьому випадку використовують сплави вісмуту з низькою температурою плавлення.

Відносно новою є концепція фазового перетворення під дією електричного струму. Тут використовують як робоче середовище полімерні матеріали, наприклад, поліакрилонітрил. Електростатичні сили діють на інтермолекулярну структуру полімеру.

Пристосування з фактичною зміною фази робочого середовища вирізняються піддатливістю твердої фази. У пристосуваннях з псевдофазовими змінами робочого середовища використовують властивості матеріалу, побудованого на базі дрібних дискретних часток, що утворюють пористу масу, через яку можливо пропускати строго дозоване повітря. При активізації подачі повітря робоче середовище стає подібним до рідини, в яку можна опускати оброблювану заготовку з мінімальним опором. Коли подача повітря зупиняється, часточки ущільнюються під дією сили ваги і утворюють компактну масу, що фіксує заготовку. Після завершення механічної обробки до середини пристосування знову подається повітря, що забезпечує перетворення робочого середовища на рідинну фазу і дозволяє легко видалити деталь. У зв'язку з тим, що процес фіксації–розфіксації оброблюваної деталі не супроводжується фазовими перетвореннями і термодинамічними явищами, перетворення, що відбуваються, називають «псевдофазовими».

Наступним перспективним напрямом у провадженні нових матеріалів і технологічних процесів у верстатобудуванні за останні роки є використання геомінералів і ультразвуку.

Формування мінеральних поверхонь на парах тертя обладнання забезпечує такі переваги:

- загальне зниження енергоспоживання обладнання;
- поновлення зношених деталей без виводу обладнання з експлуатації;
- збільшення ресурсу швидкозношуваних частин;
- зниження електричного навантаження на мережу при динамічному навантаженні.

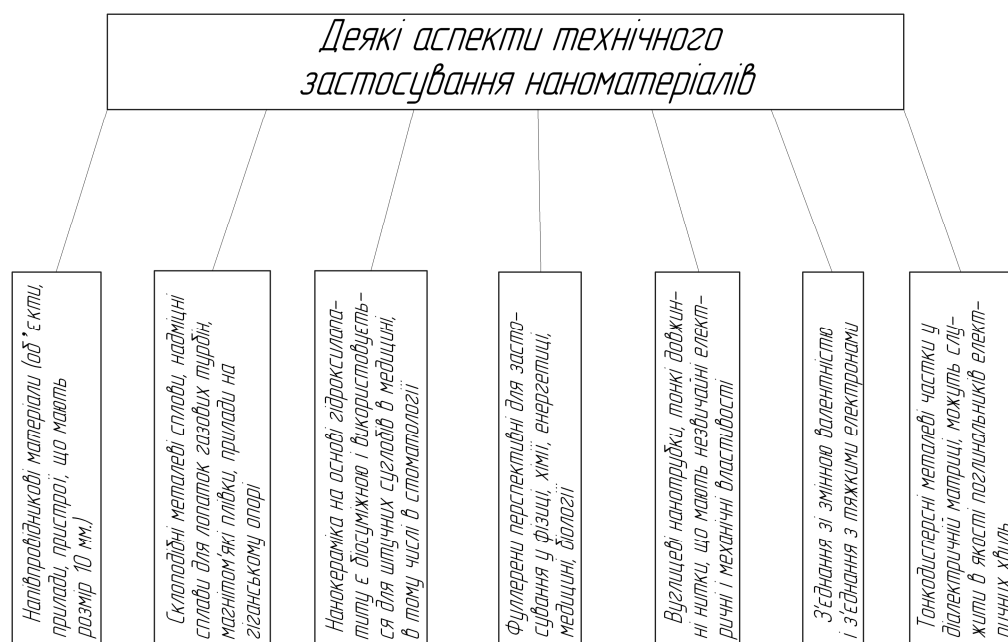


Рис. 12. Класифікація перспективних галузей застосування нанотехнологій

Висновки. Досягнення вчених у створенні нових матеріалів значно випереджають їх впровадження у верстатобудуванні, що можливо пояснити виключно відсутністю достатньої інформації та співробітництва між фахівцями в цих галузях.

Навіть проведений попередній огляд і аналіз можливостей застосування нових розробок матеріалів у верстатобудуванні показав значні перспективи в цьому напрямі.

В Україні затверджена постановою Кабміну № 1231 від 28.10.09 р. Державна цільова науково-технічна програма «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 роки, метою якої є створення наноіндустрії шляхом забезпечення розвитку її промислово-технологічної інфраструктури, використання результатів фундаментальних та прикладних дисциплін, а також підготовки висококваліфікованих наукових та інженерних кадрів.

Передбачається забезпечити дослідників сучасним обладнанням, необхідним для виготовлення наноматеріалів і дослідження їх властивостей. Має бути проведена стандартизація та сертифікація наноматеріалів.

Серед основних заходів програми є створення технологічної системи виготовлення наноматеріалів, наноструктур та приладів, у тому числі нанотехнологій легких, міцних і корозійностійких конструкційних матеріалів для машинобудування та аерокосмічної техніки, захисних покриттів різноманітних конструкцій, нанофотокаталізаторів і вивчення фізичних та хімічних процесів з їх використанням, наносорбентів і нанопористих матеріалів, енергозберігаючих пристроїв з урахуванням досягнень оптоелектроніки та фотovoltaїки, а також розроблення колоїдних нанотехнологій виготовлення наноматеріалів різного функціонального призначення.

На сьогодні існує два потужних інженерних напрями синтезу наноматеріалів. Перший – це нанокристалічні матеріали на основі ультрадисперсних часток (метастабільні матеріали). Другий – створення синергетичних наноматеріалів (дисипативні структури).

Існує нагальна потреба у широкому, поглибленому інформуванні фахівців машинобудівних галузей у порівняльних технічних характеристиках, якісних властивостях та технологічних можливостях нових наноматеріалів у співставленні з традиційними.

Що стосується матеріалів з термомеханічною пам'яттю, то їх застосування має значно більше поширення в різних галузях господарювання, хоча у верстатобудуванні залишаються великі перспективи, які в подальшому обов'язково мають бути використані.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – М. : Машиностр., 1985.
2. Роко М.И. Нанотехнология в ближайшем десятилетии / М.И. Роко. – М. : Мир, 2002.
3. Полевой С.Н. Упрочнение машиностроительных материалов / С.Н. Полевой. – М. : Машиностроение, 1994.
4. Гусев А.И. Нанокристаллические материалы / А.И. Гусев. – М. : Физматлит, 2001.

5. *Нейман А.* Материалы будущего / *А.Нейман.* – Л. : Химия, 1985.
6. *Уорден К.* Новые интеллектуальные материалы и конструкции / *К.Уорден.* – М. : Техносфера, 2006.
7. *Оцука К.* Сплавы с эффектом памяти формы / *К.Оцука, К.Симидзу, Ю.Судзуки.* – М. : Металлургия, 1990.
8. *Арзамасов Б.Н.* Новые материалы в машиностроении / *Б.Н. Арзамасов.* – М. : Машиностроение, 1983. – 32 с.
9. *Крахин О.И.* Материалы с термомеханической памятью в машиностроении / *О.И. Крахин, А.П. Кузнецов, М.Г. Косов.* – М. : 1983. – 54 с. – (Технология и оборудование обработки металлов резанием) (Сер. 7 / ВНИИТЭМР, Вып. 5).
10. *Тихонов А.С.* Применение эффекта памяти формы в современном машиностроении / *А.С. Тихонов и др.* – М. : Машиностроение, 1981.
11. Phase Change Fixturing for Flexible Manufacturing Systems // *Journal of manufacturing Sestems.* – 1985. – Vol. 4. – № 1. – P. 29–39.
12. *Ворохов С.А.* Физическое материаловедение. Часть 1. Перспективные направления материаловедения : учебное пособие / *С.А. Ворохов, Л.П. Переверзева, Ю.М. Поплаво.* – К. : НТУУ «КПІ», 2004. – 195 с.

МЕЛЬНИЧУК Петро Петрович — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем, ректор Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія машинобудування.

ЛОЄВ Володимир Юхимович – кандидат технічних наук, професор кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– технологія машинобудування;
– комплексні та комбіновані методи обробки плоских поверхонь деталей машин;
– конструювання металообробних верстатів та інструментів.

СНІЦАР Володимир Григорович – старший викладач кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– матеріалознавство;
– сучасні машинобудівні матеріали, наноматеріали, мембранні технології.

КЛИМЕНКО Сергій Анатолійович – магістр кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– нові матеріали у верстатобудуванні.

Подано 20.01.2010