

УДК 621.795

Е.С.Ігнат'єв, ст., О.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Основні тенденції розвитку сучасного ріжучого інструменту

У машинобудуванні інструмент відіграє одну з найважливіших ролей. У поєднанні з іншим обладнанням він дозволяє вести продуктивне, високоточне і економне виробництво в рамках вимог і норм пред'явлених виробнику. Проте, на даний момент в цій галузі залишаються не вирішені проблеми, завдання і питання, які розглянуті в даній статті. Також проаналізовано сучасний стан з виробництва інструменту та визначені тенденції українського та світового ринків.

ріжучий інструмент, ріжуча пластина, мікропокриття, геометрія ріжучої частини

За останні 25 років було винайдено більше, ніж за всю історію людства. Прогрес не стоїть на місці: постійно привносяться зміни, поліпшення, а то й взагалі заміна деяких ланок виробництва; з'являються радикально нові рішення проблем. Наприклад, застосування швидкорізальної сталі замість вуглецевої інструментальної викликало різке підвищення режимів обробки і, відповідно, продуктивності праці. Подальший прогрес машинобудування був пов'язаний із застосуванням твердих сплавів, які використовувалися як матеріал для ріжучих інструментів. Використання твердих сплавів дозволило збільшити швидкість різання в 3-4 рази в порівнянні зі швидкістю швидкорізальних інструментів. Подібне різке збільшення швидкості різання вимагало створення нових металорізальних верстатів, які б могли відповідати можливостям нових інструментів.

З часом підвищення вимог до точності оброблюваних поверхонь, стійкості інструменту, продуктивності виробництва, спричинило винахід нових технологій, які могли б задовольнити потреби споживача.

На сучасному етапі основними тенденціями розвитку інструмента є: 1) розробка та освоєння виробництва нових марок ріжучих матеріалів; 2) широке застосування зносостійких покриттів; 3) розробка нових і вдосконалення існуючих конструкцій, обладнання, технологій виготовлення інструмента.

Хотілося б детальніше зупинитися на вище перерахованих пунктах і розглянути їх більш докладно.

Удосконалення конструкцій інструменту. Удосконалення конструкцій твердосплавного інструменту йде по шляху ускладнення робочих поверхонь і, в першу чергу, перехідних поверхонь змінних ріжучих пластин. Оптимізація конструкцій ріжучих пластин дозволяє підвищити стабільність і надійність механічної обробки. Основною тенденцією вдосконалення робочих поверхонь є універсалізація геометрії з метою розширення діапазону стружкодробління. Геометричні параметри канавок змінних багатограних пластин різних фірм розрізняються незначно і їх застосування найчастіше обмежено обробкою вуглецевих і легированих сталей в діапазоні подач 0,25...0,7 мм/об і глибини різання 2...8 мм. Типовим прикладом такої пластини може служити пластина фірми Korloy (Південна Корея), форма якої приведена на рис. 1.

Застосовуються пластини з двома і навіть з трьома стружковими канавками. При малих перетинах зрізу працює перша канавка, при великих – друга і т.д. Тим самим досягається універсальність пластин, яка забезпечує дроблення стружки при різній глибині різання.

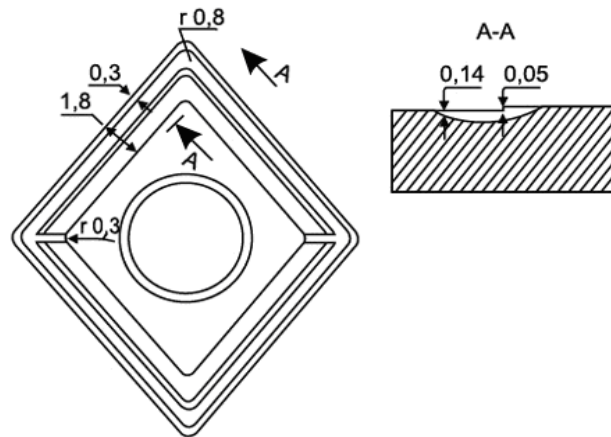


Рисунок 1 – Форма пластини фірми Kogloy (Південна Корея)

Формування стружки. Контроль над стружкодроблінням – один з ключових факторів у точінні. Існує три способи стружкодробління: стружка ламається сама (рис. 2, а) (наприклад при обробці чавуну); стружка ламається об інструмент (рис. 2, б); стружка ламається об заготовку (рис. 2, в).

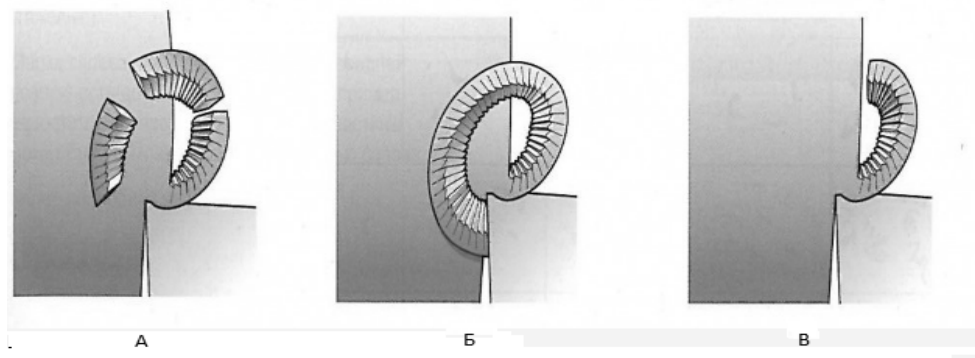


Рисунок 2 – Види стружкодробління при обробці різанням

До основних факторів, які впливають на утворення стружки відносяться:

Геометрія пластини

- Радіус при вершині пластини, r , мм
- Головний кут в плані, ϕ ,

Режими різання

- Глибина різання, t , мм
- Подача, S , мм/об.
- Швидкість різання, V , м/хв.
- Оброблюваний матеріал

Застосування змінних твердосплавних пластин. Все більше промислових підприємств застосовують на своєму виробництві змінні твердосплавні пластини для обробки металів і полімерних матеріалів. Основна перевага пластин над звичайними фрезами полягає в дешевизні та високій якості обробки. Сплави, з яких виготовляються пластини, спеціально оптимізовані для обробки певних матеріалів.

Змінні твердосплавні пластини забезпечують якісну обробку важкооброблюваних, жаростійких сплавів і кольорових металів. Так само, пластини успішно застосовуються при обробці пластмас і чавуну. Легкість монтажу змінних твердосплавних пластин на інструмент і висока зносостійкість забезпечують надійну і тривалу роботу, при цьому досягається відчутний економічний ефект.

Застосування змінних пластин значно знижує зусилля різання і, відповідно, дію на оброблюваний матеріал, а це особливо важливо при обробці кольорових металів, таких як високоміцні сплави алюмінію та титану. Використання пластин в якості ріжучого елемента значно знижує викривлення і зменшує внутрішню напругу оброблюваного металу. Швидкий і простий монтаж змінних пластин, надійне кріплення в поєднанні зі зносостійкістю гарантує високу якість обробки. Використання змінних твердосплавних пластин в кілька разів економічніше порівняно з монолітними інструментами. Застосування їх на підприємстві цілком виправдано і є інновацією виробничого процесу. Зносостійке покриття для ріжучого інструменту.

Використання металорізального інструмента з попередньо нанесеними тонкими (1-5 мкм) зносостійкими покриттями забезпечує ряд важливих переваг: підвищення продуктивності обробки різанням на 20-200%, збільшення терміну служби інструменту до 1,5-10 разів при обробці конструкційних сталей, до 4 разів - при різанні корозійностійких і жароміцних сталей, в 1,5-2,5 рази - при обробці титанових і нікелевих сплавів. Крім того, досягається зниження витрат складнопрофільного інструменту внаслідок зменшення кількості його переточувань. Однак не завжди застосування покриттів для ріжучого інструменту економічно обгрунтовано і призводить до очікуваного ефекту. Для того щоб оцінити доцільність та ефективність їх використання, необхідно знання загальних принципів застосування інструменту зі зносостійкими покриттями. Знос різального інструменту може бути зменшений попереднім нанесенням зносостійких покриттів тільки в тому випадку, якщо спочатку в технологічний процес механічної обробки не закладено такі механізми фатального руйнування матеріалу самого інструменту:

- пластична деформація, що виникає при неправильному підборі співвідношення навантаження на інструмент і твердості матеріалу інструменту;
- макросколювання, що виникає при невірному підбраному співвідношенні навантаження і в'язкості (пластичності) інструменту;
- тріщенноутворювання, що виникає в результаті невідповідності навантаження на ударну в'язкість інструменту.

Ефективність застосування зносостійких покриттів також істотно знижується при використанні недосконалого верстатного обладнання або ж при режимах обробки, які зумовлюють ударне механічне руйнування інструменту. На жаль, зношеність верстатного парку багатьох металообробних підприємств зводить переваги такого інструмента до мінімуму.

Перші зносостійкі покриття були отримані шляхом хімічного процесу осадження при високих температурах 950-1050°C з парогазового середовища. Даний процес прийнято скорочено називати CVD (Chemical Vapor Deposition). Слід зазначити, що дана технологія широко застосовується не тільки для нанесення зносостійких покриттів на ріжучому інструменті, а й в інших областях техніки, де потрібно отримання шарів покриття та плівок з кристалічних матеріалів з високою чистотою і заданою структурою. Процес CVD для нанесення покриттів на ріжучий інструмент, був вперше застосований компанією Sandvik Coromant (Швеція)

Удосконалення CVD покриттів. Еволюція CVD покриттів йшла у трьох напрямках. Перше – це зниження негативного впливу покриття на міцність твердосплавної основи. Друге – поліпшення адгезії. Третє – можливість нарощування товщини шарів покриття для посилення захисних властивостей, бажано, не на шкоду двом першим завданням.

Перші спроби підняти захисні властивості покриттів за рахунок нарощування товщини шару TiC не дали великого ефекту. Більший ефект був досягнутий від впровадження багат шарових покриттів CVD, де поверх шару карбіду титану TiC наносилися шари оксиду алюмінію Al_2O_3 і нітриду титану TiN. При цьому перший шар покриттів служив основою для створення якісної адгезії, а наступні шари посилювали

захисні функції від різних чинників зносу. Оксид алюмінію, як дуже проста хімічна сполука з високою хімічною інертністю і температурною стабільністю, є ідеальним компонентом покриття для захисту твердого сплаву від впливу високої температури і хімічних видів зносу. Кристалічна форма цього з'єднання – корунд – давно використовується в техніці для абразивної обробки. Шари Al_2O_3 були відносно тонкими – до 4 мкм. Згодом, з впровадженням прискорювачів зростання, стало можливим збільшення товщини шару до 8-10 мкм.

Удосконалення PVD покриттів. Покриття PVD з'явилися пізніше ніж CVD, але основний розвиток відбувався одночасно. PVD вільні від властивих CVD недоліків. Вони мають гарну адгезію, не впливають на міцність основного інструментального матеріалу і, навіть, створюють сприятливі стискаючі напруги в поверхневому шарі. Крім того, для PVD покриттів завжди існувала незайнята ринкова ніша підвищення різальних властивостей кінцевого, дрібно розміченого інструменту, як твердосплавного так і з швидкорізальних сталей. Еволюція PVD йде, в основному, по шляху пошуку комбінацій покриттів, що забезпечують більшу зносостійкість. Завдяки успіхам, досягнутим у цьому напрямку, покриття PVD відвоювали у CVD за різними оцінками від 30 до 40% ринку твердосплавних пластин. Підвищення розмірної стійкості профільного і розмірного інструменту є основною перевагою, оскільки часто такі покриття наносяться на дрібно розмірний інструмент, де отримати перевагу від збільшення швидкостей різання не можливо унаслідок технологічних обмежень по швидкості обертання шпинделя або подачі металорізального обладнання. Там, де швидкість різання не обмежена технологією, наприклад для токарних і фрезерних пластин, PVD сплави можуть стійко працювати на швидкостях 200-250 м/хв.

Більш високі швидкості різання характерні для випадків високошвидкісного фрезерування, але слід розуміти, що в цьому випадку значення 500 м/хв і навіть до 1000 м/хв можуть бути досягнуті не за рахунок унікальних властивостей покриття, а в основному за рахунок вибору специфічних стратегій фрезерування, коли час реального контакту різальної крайки з оброблюваним матеріалом скорочується до мілісекунд. На даний момент існує нове покоління покриттів «Наноструктуровані», «Покриття DLC», «PVD».

Наноструктуровані покриття. В умовах високих навантажень на ріжучу кромку великі переваги при виробництві різального інструменту забезпечують наноструктуровані покриття. Ультрадисперсні матеріали зі збільшеною площею межзеренних кордонів мають більш збалансоване співвідношення між твердістю, що надає визначальний позитивний вплив на зносостійкість і міцність матеріалу, в тому числі і в умовах дії циклічних термомеханічних напружень. Відомо, що першопричиною руйнування матеріалів стандартної (мікрометричної) структури з розмірами зерен понад $d > 1$ мкм є формування тріщин, що виникають внаслідок концентрації дислокацій у різних дефектів. У наноструктурованих матеріалах з розмірами зерен менше $d < 80...100$ нм проявляється інший механізм руйнування. Для подібних матеріалів превалюючою причиною руйнування є процеси на межзерених межах, що пов'язано з меншою кількістю атомів в зернах в порівнянні з їх кількістю на кордонах. Матеріал покриття в нанорозмірних зернах практично ідеальний. Руйнування зерен внаслідок дислокацій практично не зустрічається, а якщо вони і відбуваються, то швидко і ефективно гальмуються на межах зерен. У наноматеріалах спостерігається перешкодження розгалуженню і руху тріщин внаслідок зміцнення кордонів зерен.

Покриття DLC (Diamond Like Coatings). Покриття DLC (Diamond Like Coatings) також відносяться до класу PVD, але є принципово відмінними. Отримані при цьому вуглецеві наноплівки близькі за властивостями до алмазу. Такі покриття володіють дуже високою абразивною зносостійкістю, яка перевищує до 50 разів інші типи покриттів. На жаль, їх температурна стабільність і стійкість до окислення

обмежені величиною 300 °С, що недостатньо для більшості випадків металообробки, за винятком різання алюмінію та силуміну. Але, завдяки своїй абразивній стійкості покриття, DLC показують гарні результати при обробці різанням різних композиційних матеріалів на основі скло-і вуглеце-наповнених пластиків, що знаходять все більш широке застосування в техніці.

Висновки.

1. Світові тенденції виробництва ріжучого інструменту зосереджені на розробці та освоєнні нових марок ріжучих матеріалів; широкому застосуванні зносостійких покриттів; розробці нових і вдосконаленні існуючих конструкцій, обладнання, технологій виготовлення інструмента. Це забезпечує високу якість обробки, довговічність інструменту та добру зносостійкість.

2. Вітчизняний виробник в свою чергу виготовляє на порядок дешевший інструмент, але його довговічність і якість обробки залишають бажати кращого. Не зважаючи на усі проблеми які існують на даний момент на ринку українського виробника, продовжуються дослідження та відкриття в цій галузі. Основною проблемою стає впровадження розробок у життя, через нехватку фінансування та застарілий парк верстатів.

3. Незважаючи на те, що зарубіжні виробники міцно закріпилися на основних ланках світового інструментального виробництва, Україні є достойне місце серед виробників якісного інструменту. Ми повинні прагнути до якості провідних виробників, але залишити цінову категорію доступну Українському споживачу.

Список літератури

1. Маслов А.Р. Конструкции и эксплуатация прогрессивного инструмента / М.: Издательство «ИТО», 2006,– 166 с.
2. Титов В. Покртия для режущего инструмента состояние вопроса и перспективы / журнал „Национальная металлургия”, № 1, 2004,– С. 26-29.
3. Максимов М. Износостойкие покрытия как движитель инновационного процесса в технологии инструментальных материалов и современной металлообработке/ «NanoWeek » 13 - 19 апреля 2010 г, No. 106.

Е. Игнатъев, А.Лысенко

Основные тенденции развития современного режущего инструмента

В машиностроении инструмент играет одну из важнейших ролей. В совокупности с другим оборудованием он позволяет осуществлять производительное, высокоточное и экономное производство в рамках требований и норм предъявленных производителю. Однако, на данный момент в этой области остаются не решенные проблемы, задачи и вопросы, рассмотренные в данной статье. Также проанализировано современное состояние производства инструмента и определены тенденции украинского и мирового рынков.

Е. Ignatiev, O.Lysenko

The main trends of modern cutting tools

In the engineering instrument plays a major role. In conjunction with other equipment it allows productive, highly accurate and cost-effective production within the requirements and standards presented to the manufacturer. However, at this moment in this area remain unresolved problems, challenges and issues discussed in this article. Also analyzed the present state of production tools and certain tendencies of Ukrainian and world markets.

Одержано 08.04.11