



ОТНОСНО ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДА ИНЖЕКЦИОННО ФОРМОВАНЕ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БИМЕТАЛНИ РЕЖЕЩИ ИНСТРУМЕНТИ

REGARDING THE POSSIBILITIES OF APPLYING THE METAL INJECTION MOULDING METHOD IN BIMETAL CUTTING TOOLS PRODUCTION

Plamen Trifonov*, Kalin Anastasov, Hristo Hristov, Irina Aleksandrova

Technical University of Gabrovo, 5300 Gabrovo, Bulgaria

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10 October 2017

Accepted 24 January 2018

Keywords:

metal Injection moulding; tool-making; bi-metal blanks

ABSTRACT

In this article, the methods for manufacturing of bi-metal blanks for cutting tools were systematized. A comparative study of these methods was made on the productivity, shape complexity and strength features of the blanks. The possibilities to apply the Metal Injection Moulding (MIM) method for the production of bi-metal blanks by using of tool steel Catamold M2 and construction steel Catamold 42CrMo4 as initial material were established. The conducted survey of the microstructure of the bonding layer between the two metals showed presence of a wide diffusion zone, which proved that the bonding was good.

© 2018 Journal of the Technical University of Gabrovo. All rights reserved.

ВЪВЕДЕНИЕ

Режещите инструменти, изработени от бързорежещи инструментални стомани, намират широко приложение в машиностроенето като относителният им дял е приблизително 60% от всички използвани инструменти. Намаляване на тяхната себестойността може да се постигне чрез изработването им от биметални заготовки като режещата част се изработва от бързорежеща стомана, а съединителната част - от конструкционна стомана. Чрез изменение на конструкцията на двата компонента на биметалната заготовка може да се намали количеството на използвания инструментален материал (50÷70%) и да се увеличи контактната площ между тях [1,2].

Прилагат се различни технологии за получаване на биметални заготовки: заваряване, спояване, леене, горещо пресоване, инжекционно формоване (Фиг. 1) [10,12,14]. Методът на инжекционно формоване на метали (Metal Injection Moulding - MIM) е иновативен метод, съчетаващ методите на инжекционно формоване на термопластични пластмаси и на праховата металургия, който позволява да се получи готов детайл без допълнителна механична обработка, и осигурява условия за намаляване на разходите на материали, енергия и труд [5,7].

Целта на настоящата разработка е систематизиране и анализ на методите за изработване на биметални заготовки за режещи инструменти, въз основа на което да се обоснове възможността за приложение на метода

инжекционно формоване на метали за производство на биметални режещи инструменти.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За да се обосноват възможностите за приложение на MIM-технологията за производство на биметални режещи инструменти е проведен сравнителен анализ на различни методи за получаване на биметални заготовки (Фиг. 1) по параметрите производителност, сложност на формата и якостни характеристики на заготовките.

Заваряването е един от основните методи за получаване на биметални заготовки за режещи инструменти. Прилагат се различни варианти на метода [3,4,9,13,14], като най-широко приложение в инструменталното производство намира заваряването чрез триене, което осигурява намаляване на разхода на материали, значителна икономия на електроенергия, висока производителност на процеса, повишена точност на заварката и малък процент брак. Заваряването чрез дифузия и електродъговото заваряване се характеризират с трудна управляемост на процеса, ниска производителност и наличие на шупли и пукнатини в зоната на заваряване. Проведените сравнителни изпитания [2] на биметални заготовки, изработени чрез електродъгово заваряване и заваряване чрез триене, показват по-голяма якост на опън и усукване на заготовките, получени по втория метод (съответно 518 МПа и 286 МПа при електродъгово заваряване и 577 МПа и 312 МПа при заваряване с триене). Те установяват и наличието на повърхностни дефекти и на

* Corresponding author. E-mail: pa4o@gbg.bg

дефекти във вътрешността на заготовките в резултат на възникване на допълнителни концентратори на напрежения в зоната на свързване, което намалява експлоатационната якост на заварените инструменти.



Фиг. 1. Основни методи за получаване на биметални заготовки

При получаване на биметални заготовки за режещи инструменти чрез спояване се избягват някои от недостатъците, характерни за заваряването, и се получават по-добри якостни характеристики в зоната на съединяване на двата метала [2,14]. Това се дължи на факта, че свързването чрез спояване се осъществява с помощта на междинен материал (припой), който допринася за образуването на метални връзки с двата свързващи материала. Възможностите за получаване на биметални заготовки от бързорежеща и конструкционна стомана чрез спояване са изследвани в [2], като в качеството на припой са използвани чугун и Fe-Mn сплав, температурата на стопяване на които е по-висока от температурата на закаляване на бързорежещата стомана. Установено е, че най-висока якост на усукване на получените заготовки се постига при използване на припой чугун, като получените стойности съвпадат с установените при заваряване чрез триене.

Методите на заваряване и спояване обаче не позволяват да се получат режещи инструменти с окончателна форма, геометрия и размери и изискват прилагането на последваща обработка чрез стружкоотнемане. Това води до увеличаване на разхода на материали и намаляване на производителността при изработване на режещи инструменти, особено на инструменти със сложна форма и геометрия.

Добро приближаване на формата на биметалната заготовка до формата на готовия инструмент се постига чрез прилагане на методите на горещо пресоване и леене. По метода на горещо пресоване обаче не е възможно да се изработят биметални инструменти със сложна форма, тъй като пресоването се извършва по една ос. Леенето позволява изработване на заготовки със сложна геометрия, но се характеризира със средна производителност и изисква ръчен труд [4,14]. Различна е и якостта на изработените биметални заготовки. Установено е, че якостта на свързване (675 MPa) на би-

метални заготовки от конструкционна и бързорежеща стомана, изработени по метода на горещо пресоване, значително превишава тази на образци, получени чрез заваряване с триене и чрез спояване (съответно 275 MPa и 315 MPa) [2].

За производство на биметални заготовки се прилага и методът на праховата металургия. Той се характеризира с висока производителност при изработване на заготовки с проста конфигурация. Основни негови недостатъци обаче са бързата амортизация на пресформата и невъзможността за изработване на заготовки със сложна конфигурация, тъй като не може да се осъществи многоосно пресоване (формообразуване) [4,10].

Методът на инжекционно формоване на метали (MIM) съчетава възможностите за производство на изделия със сложна геометрия и високата производителност, характерна за методите на праховата металургия. Недостатъци на метода са скъпото и сложно оборудване, необходимо за реализацията на процеса.

Методът MIM при производства на биметални заготовки се реализира на следните етапи [8,11,16]:

- Избор на металните прахове, като двата материала трябва да имат приблизително еднакви коефициенти на свиване.

- Смесване на изходните метални прахове и гранулиране.

- Инжекционно формоване (едно- и двушнеково) [16] – на този етап се използват специални инструменти (шприцформи), аналогични на тези за обработка на полимери. При едношнековото инжекционно формоване в две шприцмашини последователно се получават различни геометрични части на заготовката. Това води до усложняване на процеса поради необходимостта от две шприцмашини, комплектовани с необходимата инструментална екипировка, и създава логистични проблеми, свързани с преместването на заготовката между двете шприцмашини с помощта на роботизирана ръка или ръчно. При двушнековото формоване двата материала се шприцоват последователно на една машина чрез автоматизирано завъртане на инструменталната екипировка. Предимство на двушнековото формоване е поддържането на температурното ниво на заготовката при шприцоване. След изваждане на заготовката от машината, двата метала се охлаждат заедно, така че не възникват термични напрежения в тях, водещи до образуване на пукнатини.

- Депластификация - на този етап се премахва свързващия полимер (полиоксиметилен). Това става в специални пещи, снабдени с дозиращо устройство за азотната киселина и за транспортния газ азот. Температурата при протичане на процеса е 110÷150 °C и е по-ниска от температурата на топене на полиоксиметилена (над 175 °C). С използването на тези относително ниски температури се предотвратява образуването на течна фаза и се избягва деформацията на заготовката [6,15].

- Синтероване – на този етап протичат дифузионни процеси, довеждащи до свързване на праховите частици. Протича и свиване, в резултата на което намалява големината на порите [8,11].

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЧАСТ

За да се изследва възможността за получаване на биметални заготовки за режещи инструменти по метода MIM, са изработени образци с диаметър 8 mm и дължина 65 mm от бързорежеща стомана, марка

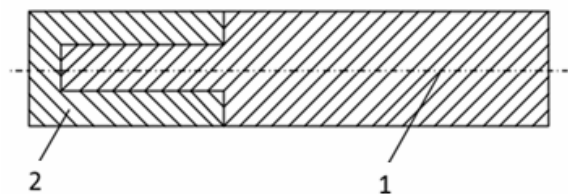
Catamold M2 (DIN 1.3342) и конструкционна стомана марка, Catamold 42CrMo4 (DIN 1.7225). За получаване на биметалната заготовка са използвани едношнеков метод за инжекционно формование и следното технологично оборудване:

- машина за инжекционно формование, марка BATTENFELD HM 100/130H/525L;
- пещ за депластификация;
- пещ за синтерване;
- специално изработена инструментална екипировка – шприцформа.

Технологичният процес е реализиран при следните работни режими:

- температура на сушене на материала - $90 \div 100$ °C;
- работна температура на инструмента - $125 \div 128$ °C;
- работната температура на инжекционно формование (температура на дюзата) - 190 °C;
- работна температура за депластификация - $110 \div 120$ °C;
- разход на азотна киселина - $35 \div 40$ ml/h;
- разход на транспортиращ газ (азот) – 500 l/h;
- време на задържане при депластификация - 8 h;
- работна температура на синтерване - 1250 °C (избрана е температурата на синтерване на материал Catamold M2, която е по-ниска в сравнение с тази за материал Catamold 42CrMo4, с цел да се избегне деформацията на заготовката);
- време на синтеровъчния процес - 12 h.

Материалите за изработване на биметалната заготовка постъпват във вид на гранули. Шприцоват се при работна температура на инструмента. Първоначално се получава заготовка от Catamold 42CrMo4 (позиция 1, Фиг. 2). След това тази заготовка се поставя в гнездото на шприцформата и се шприцова вторият материал Catamold M2 (позиция 2, Фиг. 2). Така получената заготовка (Фиг. 2) се поставя последователно в пещта за депластификация и в пещта за синтерване.



Фиг. 2. Биметална заготовка

1 - Catamold 42CrMo4; 2 - Catamold M2

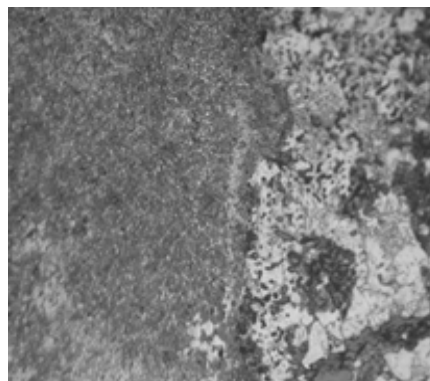
За изследване на връзката между двата материала е направено надлъжно разрязване на биметалния образец на нишкова ерозионна машина и е изработен надлъжен шлиф (Фиг. 3).

На макро ниво се наблюдават зони с големи пукнатини и малки зони с протекли дифузионни процеси. Наличието на пукнатини е свързано с различните коефициенти на свиване на двата материала, което води до възникване на напрежения в преходната зона при охлаждане след синтерване. Когато тези напрежения превишат границата на якост на материала, се появяват пукнатини (Фиг. 3).



Фиг.3. Надлъжен разрез на биметалния образец

За изследване и анализ на дифузионните зони от получения разрез е направен микрошлиф (Фиг. 4). При микроскопското изследване се наблюдава преходна зона с ширина около 1 mm, в границите на която структурата постепенно се променя - вляво структурата е еднаква с тази на стомана M2 (по-тъмната част), след това тъмните участъци стават все по-малко и вдясно структурата е еднаква с тази на стомана 42CrMo4 (по-светлата част). Това свидетелства за добро протичане на дифузионните процеси между двата материала. За интензивността на дифузионните процеси спомага високата температура на спичане.



Фиг.4. Микроструктура на биметалния образец

След синтерване се наблюдава характерната за използваната бързорежеща стомана структура, състояща се от едри ($5 \div 10$ μm) и по-дребни ($1 \div 2$ μm) карбиди, разположени във ферито-трооститна матрица. Средният размер на зърната е около 25 μm.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледани са основните методи за изработка на биметални заготовки за режещи инструменти (заваряване, спояване, леене, прахова металургия и инжекционно формование на метали - MIM) и е проведен сравнителен анализ по параметрите производителност, сложност на формата и якостни характеристики на заготовките.

Установени са възможностите за приложение на метода MIM за производство на биметални заготовки, като са изработени образци от бързорежеща стомана, марка Catamold M2 и конструкционна стомана, марка Catamold 42CrMo4. Установено е наличие на дифузия между двете стомани. Наличието на пукнатини на създадените образци обаче показват, че стомана Catamold 2CrMo4 не е подходяща за получаване на качествена биметална заготовка за режещ инструмент.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Alifanov, A., A. Milyukova, N. Burnosov. Modernizing the design of bimetallic blank for axial cutting tool. -General engineering issues of woodworking complex, 2013, 158(2), 171-173. (From Russian)
- [2] Alifanov A., A. Milyukova. Effect of the structure of bimetallic blanks for end cutting tools, obtained by hot extrusion, on their strength properties. - Foundry and Metallurgy, 2010, 58(4), 141-145. (From Russian)
- [3] Astafeva E., F. Noskov, G. Zubrilov. Technology of structural materials. Krasnoyarsk, Publishing and Printing Complex at Siberian Federal University, 2008. (From Russian)
- [4] Avdzhieva T., K. Staevski, Material science and technology, Sofia, University Publishing house "Sv. Kliment Ohridski", 2013. (From Bulgarian)
- [5] Bakan, H., D. Heaney, R. German. Effect of nickel boride and boron additions on sintering characteristics of injection moulded 316L powder using water soluble binder system. Journal of Powder Metallurgy, 2010, 44(3), 235-242.
- [6] Clemens, F. Thermoplastic extrusion for ceramic bodies. In Extrusion in Ceramics – Engineering Materials and Processes, Springer-Verlag, Berlin, 2009.
- [7] German, R. Injection Molding of Metal and Ceramic. Metal Powder Industries Federation, Princeton, 1997.
- [8] González-Gutiérrez, J., G. Stringari, I. Emri. (Powder injection molding of metal and ceramic parts. In Some Critical Issues for Injection Molding, InTech, 2012.
- [9] Kazakov N.F., Diffusion welding in a vacuum. Moscow, Mashinostroenie Publishing House, 1968. (From Russian)
- [10] Krishna, B., P. Venugopal, K. Rao. Use of powder metallurgy preforms as alternative to produce bimetallic tubes. -Materials Science and Technology, 2005, 21(6), 630-640.
- [11] Lame, O., D. Bellet, M. Michiel, D. Bouvard. In situ micro tomography investigation of metal powder compacts during sintering. -Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, North-Holland, 2003.
- [12] Lolov N., L. Kamenova, P. Penchev. Methods and technology of welding. Sofia, Technika, 2007. (From Bulgarian)
- [13] Nazarenko O., E. Istomin, V. Lokshin. Electron-beam welding. Moscow, Mashinostroenie Publishing House, 1966. (From Russian)
- [14] Nenkov N., I. Alexandrova. Technology of tool production. Gabrovo, Publishing Unit at Technical University, 1996. (From Bulgarian)
- [15] Pupan L., V. Kononenko, Advanced technologies in materials obtaining and processing. Kharkov, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 2008. (From Russian)
- [16] Tan, L., R. Baumgartner, R. German. Powder Injection Molding of Bi-Metal Components.-Advances in powder metallurgy and particulate materials, 2001, 4, 191-198.