

ОТНОСНО ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДА ИНЖЕКЦИОННО ФОРМОВАНЕ В ИНСТРУМЕНТАЛНОТО ПРОИЗВОДСТВО

ABOUT POSSIBILITIES OF APPLYING THE INJECTION MOULDING METHOD IN TOOLING PRODUCTION

Ирина Стефанова Александрова
Технически университет - Габрово

Калин Владимиров Анастасов
Технически университет - Габрово

Abstract

The present article is an introduction of innovative method for producing ready parts and workpieces by MIM-technology. There is being made a technical survey about the methods for preparing workpieces in tool-making, and also a comparative analysis of this method and the conventional methods. In addition there is a display of possible defects by preparing workpieces and of their probable reasons, and their elimination during processing. An overall description of the technological process for producing tools workpieces is being presented.

Keywords: MIM-technology. tool-making.

ВЪВЕДЕНИЕ

Голяма част от изделия на машиностроителното производство се изработват чрез класически методи със стружкоотнемане. Това е свързано с големи разходи на материал, електроенергия, инструментална екипировка и труд, което води до повишаване на себестойността на произвежданата продукция. С цел оптимизиране на разходите, повишаване на производителността и намаляване на себестойността в инструменталното производство се използват групи от методи за приближаване на формата и размерите на изходната заготовка до тези на готовия инструмент. Като такива могат да се посочат методите леене, шамповане, шанцоване, методите на праховата металургия и други [2,4]. В по-голямата си част обаче тези методи не позволяват да се получи продукт с окончателна форма и размери, което налага прилагането на обработване чрез стружкоотнемане.

Методът на инжекционно формоване на метали (Metal Injection Moulding – MIM) представлява комбинация между методите на инжекционно формоване на термопла-

стични пластмаси и на праховата металургия [7,8]. Поради комбинирането на различни методи за обработка, той носи в себе си техните предимства и недостатъци. Като предимства могат да се посочат възможностите за преработване на труднообработваеми материали (неръждаеми и инструментални стомани, тежки метали, твърди сплави) и за получаване на детайли със сложна геометрия, както и високата производителност. Недостатъци на метода са скъпото и сложно оборудване, необходимо за реализацията на процеса, и появата на дефекти при всеки от неговите етапи.

Методът MIM намира широко приложение в автомобилостроенето, медицината и оръжейното производство. Интерес представлява изследването на възможностите за неговото приложение в инструменталното производство.

Цел на разработката е получаване на заготовки от инструментална стомана по метода MIM и определяне на целесъобразни работни режими за реализация на всеки етап от процеса.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За да се изследват възможностите за приложение на МІМ – технологията, е проведен сравнителен анализ на различни методи за производство на заготовки по параметрите производителност, физикомеханични свойства, точност на размерите и сложност на формата на изделието (фиг. 1, таблици 1 и 2), който показва:

- Механичната обработка изисква сравнително проста геометрия на детайлите, тъй като с увеличаване на сложността им се намалява производителността. Конвенционалната прахова металургия се характеризира с висока производителност при изработване на заготовки със сравнително проста конфигурация, което се обяснява с невъзможността на метода да осъществи многоосно пресоване, респективно формообразуване. Леенето по стопяеми модели позволява изработване на заготовки със сложна геометрия при средна производителност, но изисква ръчен труд.

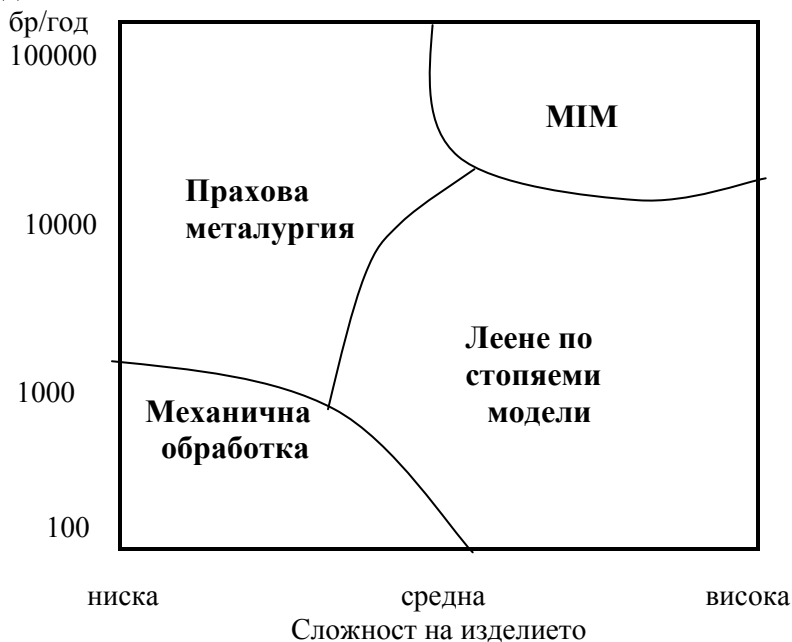
МІМ-технологията съчетава възможността за производство на изделия със сложна геометрия с висока производителност при изработването им. Това се дължи на опростения технологичен процес, както и на осигуряването на почти пълна автоматизация на производството.

- Изделията, получени по МІМ -технологията, притежават висока плътност, сравнима с тази, получена при методите на прахова металургия и на леенето. Тя достига до $96 \div 98 \%$ от теоретичните стойности. Остатъчните пори имат изключително малки размери и са разпределени равномерно в обема на детайла. Поради това че имат сферична форма, те не водят до появата на пукнатини, т.е. запазват се якостните показатели на готовото изделие. Физикомеханичните свойства на получените заготовки по МІМ - технологията позволяват използването им при тежки динамични натоварвания, което е типично за инструменталното производство.

- Процесът на инжекционно формоване осигурява по-малки отклонения в размерите и грапавост на повърхнините в сравнение с точното лееие и праховата металургия.

Методът на инжекционно формоване се реализира на следните етапи:

1. Смесване и гранулиране на материала – при този етап в специална машина се извършва смесване в определена пропорция на изходния материал (например стомана) със свързващото вещество (полимер) и гранулиране на получената смес за обработване.



Фиг. 1. Приложение на МІМ - технологията в зависимост от геометричната сложност на детайлите и производителността

Таблица 1. Сравнителни механични характеристики между различни методи за производство

Характеристика	Механична обработка	Прахова металургия	Леене	MIM-технология
Маса (g)	1÷10000	5÷2500	1÷1000	0,01÷200
Минимален допуск, %	≤0,1	0,1	0,5÷1,0	0,3÷0,5
Плътност, %	100	92	99	96÷98
Дебелина на стената (mm)	1÷100	2÷20	2÷20	0,5÷10
Грапавост на повърхнините Ra, μm	0,2÷4	2÷5	5	1÷2

Таблица 2. Отклонение на размерите на детайлите, получени по MIM-технология

Номинални размери, mm	Допусково отклонение (+/-)
≥3	0,05 mm
3÷6	0,06 mm
6÷15	0,075 mm
15÷30	0,15 mm
30÷60	0,25 mm
≥60	+/- 0.5% от размера

2. Инжекционно формование - на този етап се получава изходната заготовка. Използват се специални инструменти - шприцформи, които в конструктивно отношение са аналогични на тези за преработка на полимери. Различават се от тях по леяковите си системи, материалите за изработване и по размерите на работните кухни, което се дължи на различните стойности на коефициентите на свиване и триене, на вискозитета на материала и на работната температура.

За реализация на етапа се прилагат конвенционални машини за преработка на термопластични материали, но с различна геометрия на шнека. Това се обяснява с наличието на прахообразен метал, който променя значително коефициента на триене между шнека и стопилката, както и с различния вискозитет на стопилката и различните работни температури и налягания.

Основните елементи на режима на инжекционно формование, които се избират в зависимост от конкретния обработваем материал, са:

- температурите на материала, на цилиндъра на шнека, на шприцформата и на околната среда;

- времената за шприцване, задържане на материала под налягане и охлаждане;

- налягането на шприцване, налягането на задържане и противоналягането;

- скоростта на шприцване и скоростта на шнековото подаване.

При този етап, освен геометрията на заготовката, се получават и първоначалната плътност и структурата на материала, които определят нейните свойства и поведение при останалите етапи на обработката.

Основните дефекти, които се наблюдават след този етап, са: наличие на газови шупли, разположени в сърцевината на заготовката, породени от лоша вентилация на инструмента, отклонение от температурните режими на процеса и нетехнологичност на конструкцията на детайла или инструмента; локални пукнатини в зоните на резките преходи; частично или пълно разрушаване на леяковата система и на заготовката.

3. Депластификация – на този етап се отделя свързващото вещество, което се разлага каталитично до газообразна фаза. Това става в специални пещи, снабдени с дозиращо устройство за азотната киселина и за транспортния газ азот.

След приключване на процеса на отделяне на свързващото вещество остава остатъчно количество от него, устойчиво на киселината, което придава якост на получената заготовка, подлежаща на последваща обработка. Тази остатъчна органична фракция се отделя по време на синтероването на детайлите при четвъртия етап от получаването им.

Основните дефекти, които се наблюдават след този етап, са: недостатъчно отделяне на свързващото вещество, което води до получаване на некачествени детайли след синтероване; замърсяване на заготовките с продуктите на отделянето; механично разрушаване на детайлите поради значително намаляване на якостните им характеристики.

4. Синтероване – този етап включва термично активизиране на движението на материала на атомно ниво, водещо до намаляване на делителните равнини на праховите частици. Увеличеното количество на точките на контакт между частиците и намаляването на пористостта водят, в макроскопичен план, до свиване на изделието.

Етапът се провежда в специални пещи, в защитна среда за запазване на механичните свойства на материала поради високите температури в процеса на синтероване (около 1300°C). Целта на спичането е да се намалят порите в материала, който има висока пористост след отделянето на свързващото вещество. В резултат на въздействието на високите температури възниква процес на свиване, специфичен за всеки материал.

Основните дефекти, които се наблюдават след този етап, са: пукнатини; обезвъглеродяване на стоманите; големи отклонения от размерите поради неправилно проведен процес.

Разгледаният технологичен процес е приложен за получаване на цилиндрични заготовки от инструментална стомана *Catamold M2 DIN SC 6-5-1.3342* [6], с диаметър 8 mm и дължина 165 mm , от които могат да се изработят режещи инструменти от типа на свредла, райбери, зенкери и метчици. За реализацията му е използвано следното работно оборудване: сушилна камера; машина за инжекционно формоване *BATTENFELD*, снабдена със специален шнек; пещ за депластификация; пещ за синтероване. Изработена е и инструментална екипировка – шприцформа, като са отчетени коефициентът на свиване и вискозитетът на материала, коефициентът на триене и работната температура.

Въз основа на предварителни изследвания и априорна информация [1,3,5] са уста-

новени следните работни режими на всеки етап от технологичния процес:

- температура на сушене на материала – $90 \div 100^{\circ}\text{C}$;

- работна температура на инструмента – $125 \div 128^{\circ}\text{C}$;

- работна температура на инжекционно формоване (температура на дюзата) – 190°C ;

- работна температура за депластификация – $110 \div 120^{\circ}\text{C}$;

- разход на азотна киселина – $35 \div 40\text{ ml/h}$;

- разход на транспортиращ газ азот – 500 l/h ;

- време на задържане при депластификация – 8 h ;

- работна температура при синтероване – 1250°C ;

- време на синтеровъчния процес – 12 h .

Изработена е пробна серия от 50 инструментални заготовки със следните параметри:

- средна маса на заготовките след инжекционно формоване – $20,385\text{ g}$;

- плътност след инжекционно формоване – $5,2\text{ g/cm}^3$;

- средна маса след депластификация – $18,908\text{ g}$;

- загуба на маса – $7,25\%$;

- средна маса след синтероване – $18,5\text{ g}$;

- плътност след синтероване – $8,1\text{ g/cm}^3$.

- твърдост след синтероване – $510\text{ HV}10$;

За провеждане на изследванията е използвана лабораторна електронна везна, снабдена с устройство за измерване на плътност.

Поради голямата изходна твърдост на изработените заготовки, след синтероване те се подлагат на отгряване при 800°C със задържане в продължение на 3 часа при тази температура. Достигнатата твърдост е $210\text{ HV}10$, при която заготовките могат да се обработват механично чрез рязане.

Проведена е и термообработка на 20 заготовки при режими, съответстващи на термообработката на стомана *P6M5*, при което е постигната твърдост на пробните тела $66 \div 67\text{ HRC}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен е сравнителен анализ на различни методи за изработване на заготовки (механична обработка, лееене, прахова металлургия, МІМ-технология) по параметрите производителност, физикомеханични свойства, точност на размерите и сложност на формата на изделието. Установена е възможността за приложение на метода на инжекционно формоване в инструменталното производство. Доказани са предимствата на МІМ-технологията по отношение на обработването на изделия със сложна конфигурация от инструментални стомани с висока производителност.

Установени са работни режими за обработване на инструментален материал *Catamold M2 DIN SC 6-5-1.3342* по метода на инжекционно формоване и са определени параметрите плътност и твърдост на изработените заготовки.

Описани са получените дефекти след всеки етап от технологичния процес и са посочени възможните причини за възникването им.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабушкин, Г.А., В.Я. Буланов, И.А. Синиций. Металлические композиты. Свредловск, 1987.

- [2] Жеков, Г.К. Технология на инструменталното производство. София, ВМЕИ София, 1980.
- [3] Менгес, Г., В. Микаэли, П. Морей. Как делать литьевые формы. Санкт-Петербург, Професия, 2006.
- [4] Ненков, Н.Г., И.С. Александрова. Технология на инструменталното производство. Габрово, ПБ на ТУ - Габрово, 1996.
- [5] Оссвальд, Т., Л.Ш. Тунг, П. Дж. Грэмман. Литье пластмасс под давление. Санкт-Петербург, Професия, 2006.
- [6] Фирмени данни за материал Catamold M2 на фирма BASF.
- [7] http://www.reccotek.com/web/mim_en.php
- [8] <http://www.manufacturelink.com.au/news/view/metal-injection-moulding.aspx>

Изследванията, обект на настоящата разработка, са финансирани по Договор № BG051PO001-3.3.04/28 на тема “Подкрепа за развитие на научните кадри в областта на инженерните научни изследвания и иновациите”, финансиран по схема “Подкрепа за развитие на докторанти, постдокторанти, специализанти и млади учени” на ОП “Развитие на човешките ресурси” на “Европейския социален фонд”.



МИНИСТЕРСТВО
НА ОБРАЗОВАНИЕТО,
МЛАДЕЖТА И НАУКАТА

ЕВРОПЕЙСКИ СОЦИАЛЕН ФОНД
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ
МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА “РАЗВИТИЕ НА ЧОВЕШКИТЕ
РЕСУРСИ”

