

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА МОДЕЛИРАНЕ НА КОНФОРМНА ОХЛАДИТЕЛНА СИСТЕМА НА ШПРИЦ ФОРМИ, ИЗГРАДЕНА С АДИТИВНА ТЕХНОЛОГИЯ

Георги Тодоров
gdt@tu-sofia.bg

Цветя Караянчева
cveta_abv.bg

Тодор Тодоров
t.todoroff4@gmail.com

Борислав Романов
bromanov@tu-sofia.bg

лаб. CAD/CAM/CAE в индустрията, МТФ, ТУ – София, бул. „Кл. Охридски“ №8, 1797 София, БЪЛГАРИЯ

В настоящата работа е представен сравнителен анализ между конвенционална и конформна охладителна система, с помощта на симулация на процеса на запълване, както и акцент върху ползите, съпровождащи внедряването на конформни охладителни канали. Дефинирани са основните предимства и възможности за проектиране на такава система.

Ключови думи: CAD моделиране, конвенционална охладителна система, конформна охладителна система, симулация на запълването, адитивни технологии

1. Увод

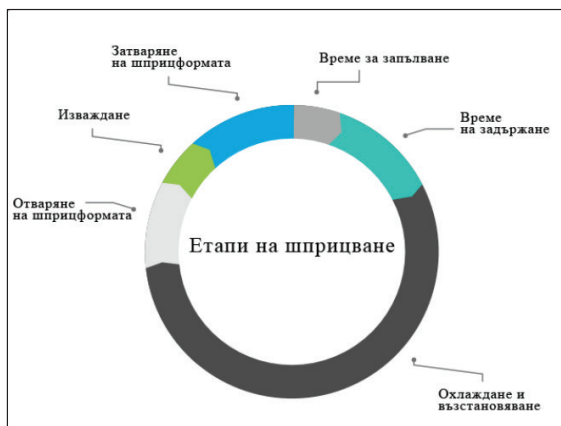
Правилното конструиране на охлаждащите системи в процеса на шприцване е важна стъпка както за доброто качество на произвеждания продукт, така и за минимизиране времето за охлаждане, респективно целият цикъл. Това е трудоемък и сложен процес, свързан с многобройни анализи за оптимизация на параметрите и формата на охладителните канали, съобразно конкретни и индивидуални цели.

Най-времепоглъщащ подцикъл при шприцване, е този на охлаждане. В немалко случаи, времето за охлаждане може да отнеме 50-80% от целият процес. Това дава повод за извършване на анализ и опити за оптимизация на целия процес на шприцване като от икономическа гледна точка, съкръщавайки времето за шприцване, се увеличава производителността и успоредно с това – рентабилността.

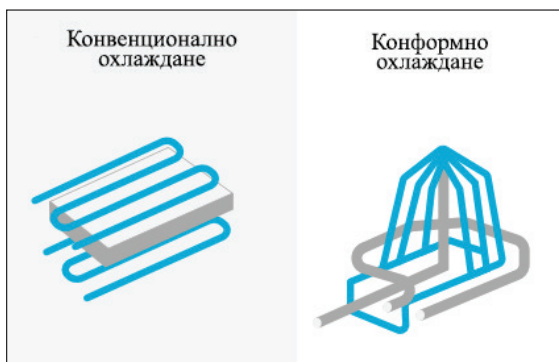
Етапа на конструиране на охлаждащите канали дава потенциал за отстраняване на редица дефекти, които биха могли да се появят по време на шприцване. Целта на инженерите, е да постигнат възможно най-равномерно и балансирано свиване като се запази оригиналната форма на модела. За тази цел, охладителните канали трябва да обхващат всички горещи точки от формата, с цел да отнемат възможно най-много топлина по цялата повърхност от полимерната стопилка.

Конвенционалните методи за изграждане на охлаждащи канали представляват пробиване на прави отвори с прости сечения, в следствие на което се получава неравномерно отвеждане на топлината от формата. Образуват се горещи локации, които са обект на последващи дефекти и нежелани деформации.

Триизмерния принтинг на метали (адитивно производство) е революционна технология за изработване на формообразуващи инструменти чрез послойно добавяне на материал, които в същото време са способни да изградят най-оптималната и ефективна охладителна пътека, наречена конформна. Целта на конформните канали е да следват изцяло линията на детайла като се проектират без почти никакви ограничения, стига те да не са в разрез с основните правила за проектиране на охлаждащи канали.

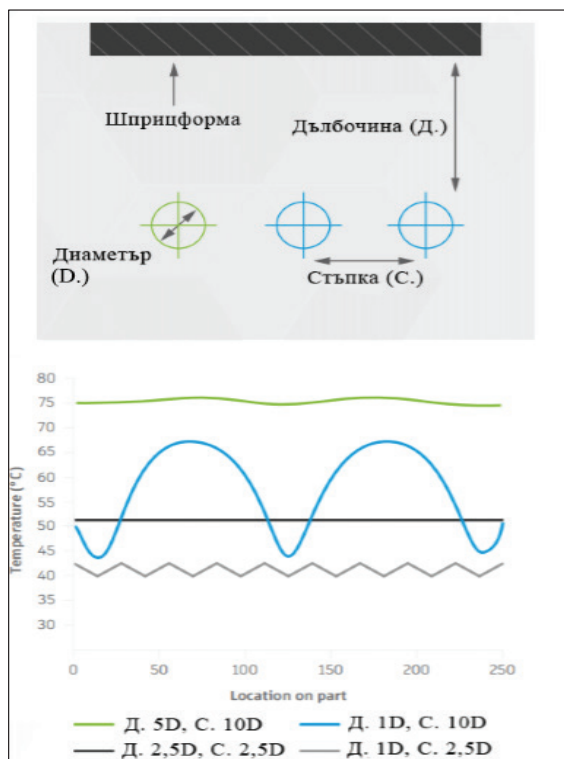


Фиг. 1 – Етапи на шприцване



Фиг. 2 – Илюстрация на конвенционално и конформно охлаждане

Разположението на охлаждащите канали трябва да гарантира равномерност в отвеждането на топлинният поток. При прекомерно съгъстяване на каналите, съществува опасност от преохлаждане на участъци от формата, което би довело до блокиране на хода на стопилката. От своя страна, пътят на охлаждащата течност трябва да е възможно най-къс с цел превенция от прегряването ѝ. При разлика на течността от 5-6°C от вход до изход, системата трябва да се реконструира. На фиг. 3 е показано по какъв начин влияят стъпката и дълбочината на охладителните канали върху температурата на инструмента.



Фиг. 3 – Влияние на стъпката и дълбочината на каналите върху температурата на инструмента

Цел на разработката

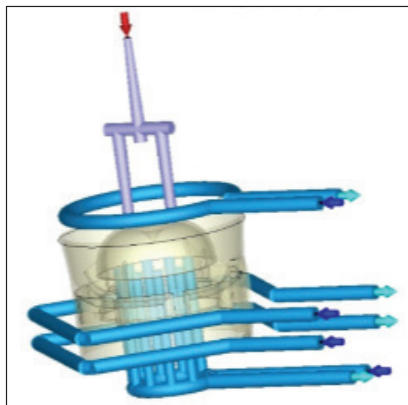
Целта на настоящата работа е да се моделира и изследва процеса на запълване на шприц форма с конформна охладителна система, изградена чрез адитивна технология, сравнен с процеса на запълване на шприц форма с конвенционална охладителна система.

2. Методология за проектиране на процеса на изграждане на охладителна система. Оразмеряване и избор на материал.

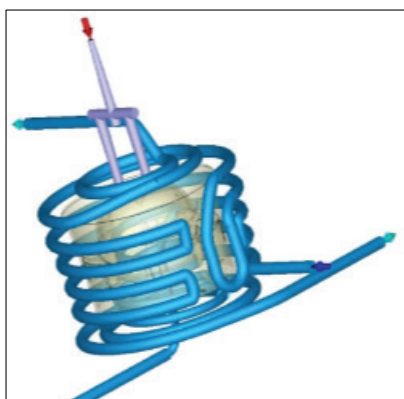
Изделието, което се изследва, представлява лицевата част на високоговорител, чиято форма има значение за качеството на произвеждания звук.

В настоящата работа са сравнени два типа охлаждащи системи, съобразно технологичните им възможности за изработване – конвенционална (фиг. 4) и конформна система (фиг. 5). За анализа са избрани са най – оптимални стойности на стъпка и дълбочина за двата модела – стъпка 2D и дълбочина на каналите 1,5D като външния диаметър е 8mm, а вътрешния – 6mm. Използваният софтуер за симулация процеса на запълване е Moldex3D, а за конструиране на охлаждащите канали – SolidWorks.

За да се сравни само и единствено геометрията на каналите, параметри като дебит и температура на охлаждащата течност, се приемат с константни стойности. Видът охладителна течност също се фиксира с вода, примесена с добавки, които я правят да не замръзва на температури, по – ниски от -30°C. Без тези добавки, каналите корозират и се натрупва котлен камък.



Фиг. 4 – Конвенционална охладителна система



Фиг. 5 – Конформна охладителна система

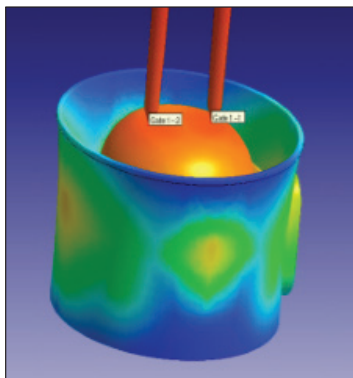
Използваният материал е полиамид с пълнител 30% стъклени влакна. Данните за режима на работа на инструмента са дадени на фиг. 6.

Време за запълване	0.4000 (sec)
Температура на стопилката	280.0 (oC)
Температура на инструмента	90.0 (oC)
Максимално налягане при шприцване	156.00 (MPa)
Обем на шприцване	83.4574 (cc)
Време за задържане след шприцване	5.0000 (sec)
Максимално налягане на шприцване	156.00 (MPa)
Време на превключване от пълнене до задържане	98.00 (%)
Време за отваряне на инструмента	5.0000 (sec)
Температура на изхвърляне	160.0 (oC)
Температура на въздуха	25.0 (oC)

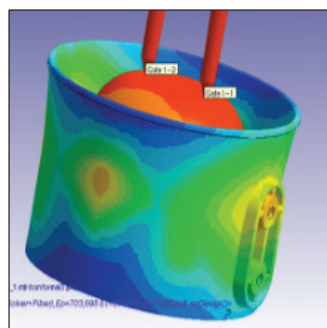
Фиг. 6 – Режим на работа

3. Сравнителен анализ на конвенционално и конформно охлаждане

На фиг. 7 и фиг. 8 е показано по какъв начин се разпределя стопилковият поток във формата. Стените трябва да се запълнят по едно и също време и изцяло. Дефект на недозапълване не е обект на текущия анализ.

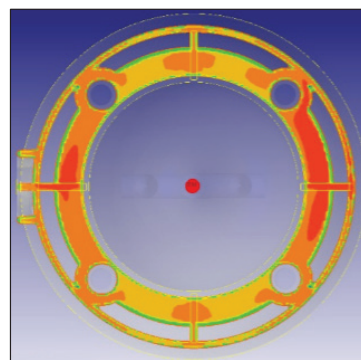


Фиг. 7 – Запълване на формата при конвенционално охлаждане

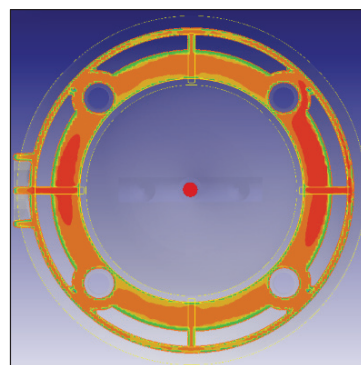


Фиг. 8 – Запълване на формата при конформно охлаждане

Следва да се сравни по какъв начин се разпределя температурата в областта с най-голямо количество материал. Това е средата на скрепителния елемент, по хоризонтален план.



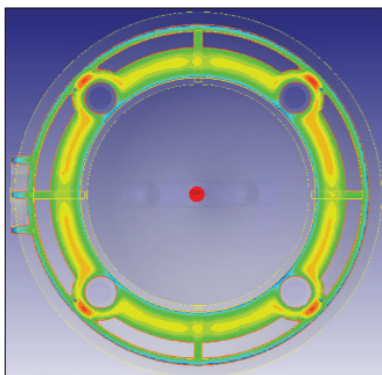
Фиг. 9 – Температура след запълване при конвенционално охлаждане



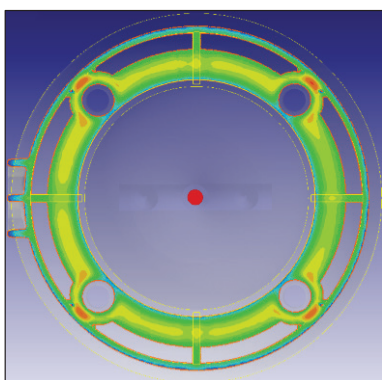
Фиг. 10 – Температура след запълване при конформно охлаждане

Ясно се вижда значително по-равномерно разпределената температура след запълване на формата, както и по-изявената симетрия при конформно охлаждане (фиг. 10), сравнена с тази при конвенционалното (фиг. 9).

Следващият критерий, по който биват сравнени двата типа охлаждане, това е температурата след охлаждане в същото сечение (най-много полимерен материал).



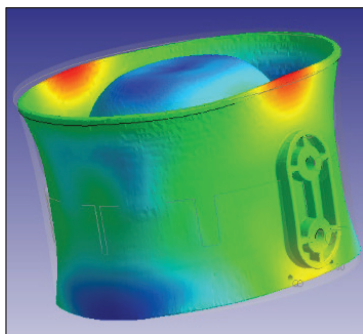
Фиг. 11 – Температура след охлаждане при конвенционална охладителна система



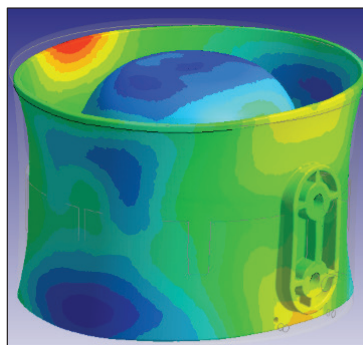
Фиг. 12 – Температура след охлаждане при конформна охладителна система

От симулацията на температурата след охлаждане в изследваното сечение, ясно си личи по-размитата и почти отсъстваща топла гама при конформната охладителна система (фиг. 12), сравнена с конвенционалната такава (фиг. 11).

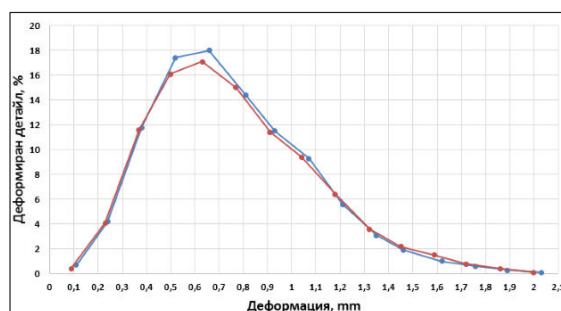
Следващият, най – важен сравнителен анализ, който дава ясна представа за предимствата на конформните канали над конвенционалните, е деформационната симулация.



Фиг. 13 – Скалирана деформация при конвенционална охладителна система



Фиг. 14 – Скалирана деформация при конформна охладителна система



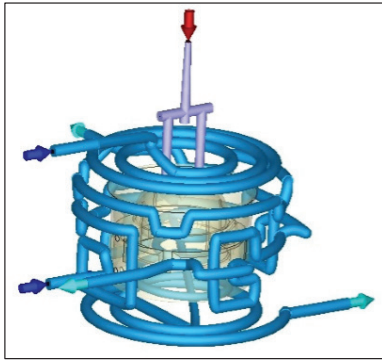
Фиг. 15 – Сравнителна графика на деформациите между конвенционална и конформна система

От сравнителната графика на деформациите на фиг. 15, конформните охладителни канали показват над 6% по – ниски средни деформационни стойности и 3% по – ниски максимални такива.

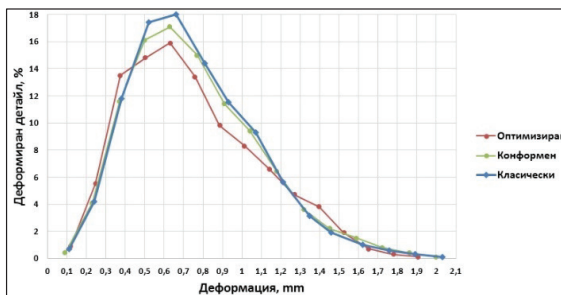
4. Сравнителен анализ на конвенционално, конформно и оптимизирано конформно охлаждане

На базата на горните анализи, е направена оптимизирана конформна охладителна система (фиг. 16) като са променени някои водещи параметри:

- променят се стъпката и дълбочината на охладителните канали на 2,5D като диаметрите остават непроменени;
- съгъстват се охладителните канали в зоните, където има струпване на повече материал (зоните срещу ребрата и скрепителният елемент);
- увеличава се дебита на охлаждащата течност в канала, който ще засили проблемните зони около ребрата за по – интензивно охлаждане;
- увеличават се броя кръгове на три, с цел още по – ниско нагряване на охлаждащата течност от вход до изход;
- намаля се температурата на охлаждащата течност с 40% във всички кръгове.



Фиг. 16 – Оптимизирана конформна охлаждаща система



Фиг. 17 – Сравнителна графика на деформациите между конвенционална, конформна и оптимизирана конформна система

Графиката на фиг. 17 показва, че оптимизираният вариант на конформното охлаждане отчита близо 9% по – ниски средни деформационни стойности от конформното и 12% по – ниски от конвенционалното. Максималните деформационни стойности при оптимизираният вариант са с 5% по – ниски от конформното и с 8% по – ниски от конвенционалното охлаждане.

Изводи

- При зададени едни и същи параметри, геометрията на охлаждащите канали е способна значително да ограничи възникването на дефекти и нежелани деформации;

- В конкретният случай, чрез геометрията на конформните охлаждащи канали, времето за шприцване се съкращава с 15%, което се отразява значително върху производителността и рентабилността;

- Чрез промяната на някои съществени параметри на охлаждащите канали и циркулиращата охлаждаща течност, могат да се постигнат чувствително по – добри резултати;

- Може да се заключи, че конформните охлаждащи канали са изключително добра инвестиция, която би могла както да съхне

времето за шприцване, увеличавайки резултатността, така и да увеличи качеството на изделието, свеждайки дефектността до минимум.

Благодарности

Настоящите изследвания са осъществени с помощта на проект ДУНК-01/3 на Фонд „Научни Изследвания“ при Министерство на образованието, младежта и науката.

Литература

- [1] Тодоров, Г., Камберов, К. Виртуално инженерство. CAD/CAM/CAE&PLM Технологии.
- [2] Тодоров, Г., Г. Николчева., Компютърно проектиране на сложни формообразуващи повърхнини (Rapid Tooling), изд. ТУСофия, София 2011, ISBN 978-954-438-915-4, 330 стр, Изд.ТУСофия, София 2010, ISBN 978-954-438-873-7, 320 стр.
- [3] Събев, П., Вангелов, Б. Шприцформи и пресформи. „Техника“, София 1989.
- [4] AutoDesk. 11 Factors For Efficient Mold Cooling.
- [5] Todorov N., G. Todorov, B. Romanov, Simulation of Plastic Injection Mold Filling to the Injection Point Allocation and Rib Design Generalized Rules Definition, COMA-04 International Conference on Competitive Manufacturing, 04-06.02.2004, University of Stellenbosch, South Africa, стр. 143-148
- [6] Тодоров Г., М. Койчев, Б. Романов. Възможности за симулиране на запълването на шприцформи на сложни корпусни детайли, сп. „CAD/CAM/CAE Дайджест“, 1/2009, стр.6-13.
- [7] Тодоров, Г., Романов, Б., Коюмджиян, А. Симулацията на запълването като основна част от виртуалния прототип на пластмасовите изделия произведени чрез шприцване. Сборник доклади на МНК 65 години МТФ, 13-16 септември, 2010, Созопол, България, с. 195-200.
- [8] Тодоров Г., Б. Романов, Б. Врабевски, Я. Софронов. Възможности за избягване на деформации в оребени детайли чрез оптимизация на геометричната структура, XII НК по теоретична и приложна механика „Дни на механиката“, Варна, Сборник доклади „Механика на машините“, Година XXII, Книга 3, ISSN0861-9727, 2014, ТУ-Варна
- [9] Романов, Б. Оптимизация на технологичните параметри при запълване на тънкостенни полимерни детайли. Сборник доклади на МНК „70 години МТФ“, 11-13 септември, 2015, Созопол, България, стр. 369-376

DESIGN OF CONFORMAL COOLING SYSTEM FOR PLASTIC INJECTION MOULDING, BUILT BY ADDITIVE TECHNOLOGY

Georgi Todorov
gdt@tu-sofia.bg

Cveta Karayancheva
[@abv.bg](mailto:cveta_abv.bg)

Todor Todorov
t.todoroff4@gmail.com

Borislav Romanov
bromanov@tu-sofia.bg

lab. CAD/CAM/CAE in Industry, FIT, TU – Sofia, 8 „Kl. Ohridski” blvd, 1797 Sofia, BULGARIA

The work presented is a comparative analysis between conventional and conformal cooling systems by simulation of filling process. It is focused on benefits, accompanied installing conformal cooling channels. Defined are basic advantages and potentialities for design of such cooling systems.

Keywords: *CAD modeling, conventional cooling system, conformal cooling system, mould filling simulation, additive technologies*
