

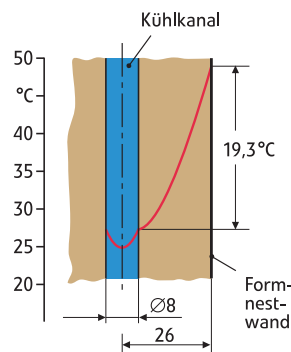
» Konformno hlajenje

Reiner Westhoff Izkušeni brizgalec pozna tri tehnike za tridimenzionalno reševanje toplotnega toka v kalupu. Kje pa so pravzaprav težave pri načrtovanju hlajenja kalupov?

Osrednji problem hlajenja

Glavna težava pri hlajenju kalupov za brizganje je toplotna prevodnost orodnega jekla. Odvisno od kakovosti uporabljenega jekla so tipične vrednosti toplotne prevodnosti približno 25 W/mK in padejo na približno 12 do 15 W/mK glede na delež dodatkov. Orodna jekla so relativno slabi prevodniki toplote v primerjavi z zlitinami na osnovi bakra ali celo čistim bakrom, ki ima toplotno prevodnost približno 390 W/mK.

Slika 1 prikazuje toplotno situacijo orodja med proizvodnim procesom s konvencionalnim hlajenjem. Čeprav je razdalja od hladilnega kanala do stene votline kalupa le 22 mm, se temperatura



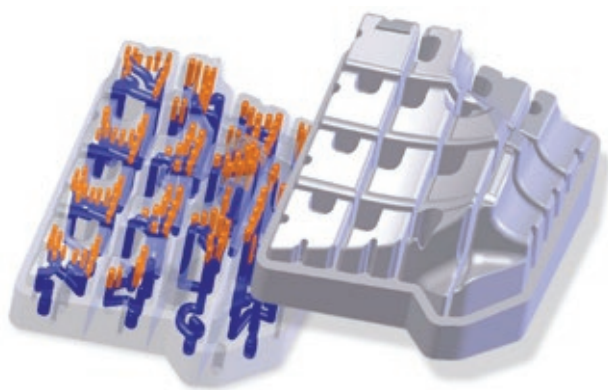
» Slika 1: Temperatura stene kalupa se v trenutnem postopku brizganja znatno poveča v primerjavi s hladilnim medijem. ©Kunststoffe

stene kalupa poveča le za približno 19 °C v primerjavi z osnovno temperaturo hladilnega medija. Če zdaj upoštevamo položaj namestitve v kalupu, v katerem je hladilni kanal veliko dlje od stene kalupa ali celo tankostensko območje, ki je popolnoma obdano s polimerom, razlika med temperaturama hladilnega medija in kalupa pogosto dosežejo vrednosti 60 °C in več.

Takšne vroče točke so vzrok za precej podaljšane cikle in tudi vplivajo na kakovost delov ter zmogljivost procesa. Težavo je torej očitno mogoče rešiti le z razporeditvijo hladilnih kanalov tako, da ustrezajo obrisom, ali z integracijo visoko prevodnih materialov v orodno jeklo v tesnih območjih kalupa.

Trije konformni proizvodni procesi

Obstajajo trije osnovni postopki za izdelavo kalupnih vložkov s konformnim hlajenjem. Verjetno najstarejša in najbolj znana metoda uporablja tehnike spajanja, kot sta difuzijsko varjenje ali vakuumsko visokotemperaturno spajkanje. Pri uporabi tega postopka se kalupni vložek najprej analizira na posamezne slojne elemente na računalniškem monitorju. Vsak od teh slojnih elementov je nato opremljen s hladilnim kanalom, prilagojenim konturi izdelka s pomočjo običajnega vrtnja in rezkanja. V zadnjem koraku se posamezni sloji celopovršinsko zlepijo z omenjenimi tehnologijami spajanja in običajno toplotno obdelajo v isti operaciji (slika



» Tridimenzionalno hlajeno jedro za hladilnik motorja. Toplotno ravnotežje. Povečana kompleksnost brizganih izdelkov in strožje specifikacije za dimenzijsko stabilnost povečujejo stroškovne pritiske na brizgalce in stopnjujejo težave z izvedljivostjo. Konformno, segmentirano hlajenje kalupov je ključna tehnologija za soočanje s tem pritiskom. Vir: Contura MTC



Reiner Westhoff • Contura MTC GmbH, Menden Nemčija

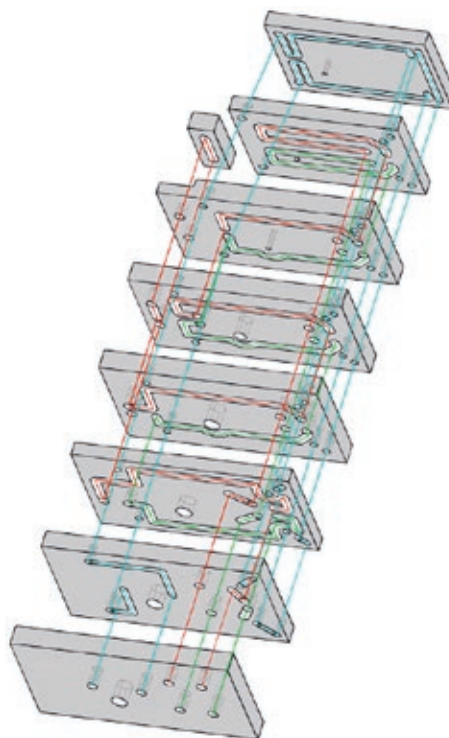
2). Predvidevamo lahko, da je več tisoč brizgalnih kalupov po vsem svetu opremljenih s tovrstnim hlajenjem in opravljajo svojo funkcijo vsak dan.

Relativno nova tehnika, ki je že pridobila veliko pozornosti, je direktno lasersko oblikovanje. Ta postopek ustvari kalupni vložek iz kovinskega prahu, pogosto z originalnim materialom za izdelavo kalupa, kot je DIN št. 1.2343. Ultra fin kovinski prah se postavi v ogrevano komoro na ploščad, ki jo je mogoče spustiti. Laser neposredno stali praškasto plast, ki je bila poravnana z drsnikom, v skladu s 3D-modelom, da neposredno oblikuje konturo dela v tankih plasteh, in zvari prah v naslednji monolitni obdelanec s končno trdoto približno 52 HRc (slika 3). Odvisno od debeline posameznih staljenih plasti dobimo zelo fino ali nekoliko bolj grobo površinsko strukturo. Jeklo v tem kalupu ima približno 100-odstotno gostoto.

Če se slika hladilnega kanala, ki ustreza konturi plastičnega dela, nato vnese v nabor 3D-podatkov, se nato natančno reproducira v naslednjem vložku kalupa v obliki tridimenzionalnega kanala.

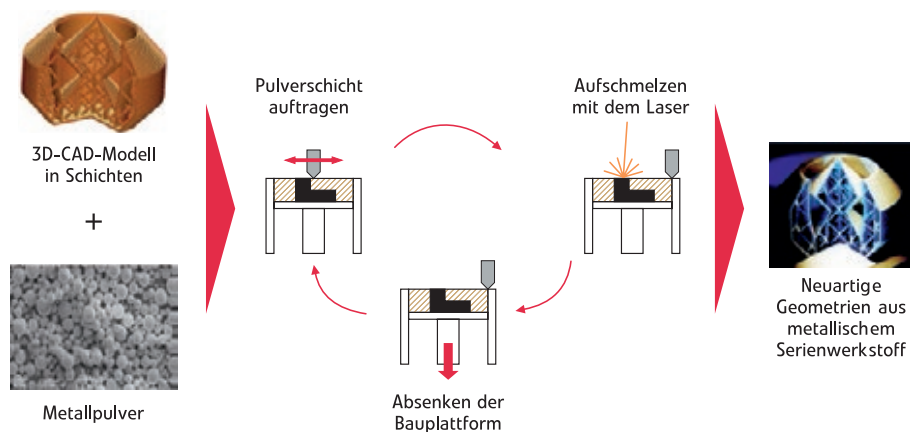
Prednost v primerjavi z zgoraj omenjenimi proizvodnimi postopki je popolna svoboda oblikovanja pri ustvarjanju kanalov, medtem ko je visokotemperaturno trdo spajkanje predmet omejitev, povezanih s procesom.

Tretja možnost je vnos visoko prevodnih materialov v orodno jeklo. Čeprav metoda ne vključuje pretakanja hladilnega medija skozi konformne kanale, zagotavlja ustrezen prenos toplote zaradi zelo visoke toplotne prevodnosti materiala. Toplotno prevodni zatiči, npr. iz bakra visoke čistosti, dosegajo toplotno prevodnost 390 W/mK. Če so takšni bakreni elementi visoke čistosti spajkani ali sintrani (z difuzijskim varjenjem) v votline, ki so bile predho-



» Slika 2: Izdelava konformnega hlajenja v različnih slojih. Vsak sloj ima ustrezne hladilne kanale, ki jih lahko naredimo z vrtnjem in rezkanjem. Vir: Contura MTC

Nomis-SI d.o.o.
Pol strani, ležeče 210 x 148
nekovine



» Slika 3: Laser tali prah v skladu s 3D-modelom, da neposredno oblikuje konturo dela, in ga veže v trden obdelovanec. ©Kunststoffe

dno vnesene v kalupni vložek, je povprečna toplotna prevodnost novega kompozita jeklo/baker veliko višja od orodnega jekla, ki se uporablja običajno. Odvisno od zasnove kalupnega vložka lahko takšni jekleno/bakreni elementi dosežejo ali celo presežejo vrednosti toplotne prevodnosti, ki jih običajno dosegajo zlitine na osnovi bakra, ki se uporabljajo tudi pri izdelavi kalupov. Kompozitne rešitve jeklo-baker niso podvržene slabostim znanih zlitin na osnovi bakra, kot so nizka upogibna trdnost (zaradi nizkega modula elastičnosti), manjša trdota in pogosto draga strojna obdelava. S temi materiali izdelovalci kalupov delajo na način, ki ga poznajo iz običajnih orodnih jekel (slika 4).

Navdihujoč potencial

Tehnike, kot so tiste, ki so opisane zgoraj, so splošno poznane pri izdelavi kalupov in industriji brizganja. Niso le poznani, so tudi navdihujoči. Navdihujoče so, ker je mogoče težave s hlajenjem, ki so se še včeraj zdele nerešljive, odslej odpraviti. Tudi v čisto denarnem smislu te tehnologije skrivajo ogromen potencial prihrankov. Skrajšanje časa cikla v povprečju za 30 odstotkov skupaj z veliko stabilnejšimi postopki brizganja z nižjimi stopnjami zavrženja lahko hitro privede do zmanjšanja stroškov na enoto za 15 odstotkov za brizgane izdelke. Zakaj torej te tehnike konformnega hlajenja kalupov še vedno niso dosegle prave uveljavitve, čeprav so na trgu že deset let.

Tako kot na vse novosti se nanje gleda predvsem s skepso. Bo kalupni vložek res dosegel obljubljeni izboljšavo procesa? Kakšni sta mehanska trdnost in življenjska doba? Ali niso izgube tlaka

prevelike? Kaj se zgodi, ko je treba spremeniti konturo kalupa? Ne nazadnje se nekateri zaposleni tudi sprašujejo, kako si lahko ob omejenem času privoščijo skrb za konformni hladilni sistem. Pogosto manjka le dodelitev odgovornosti ali potrebno strokovno znanje za poglobljeno obravnavo inženirskega načrtovanja koncepta konformnega hladilnega kanala.

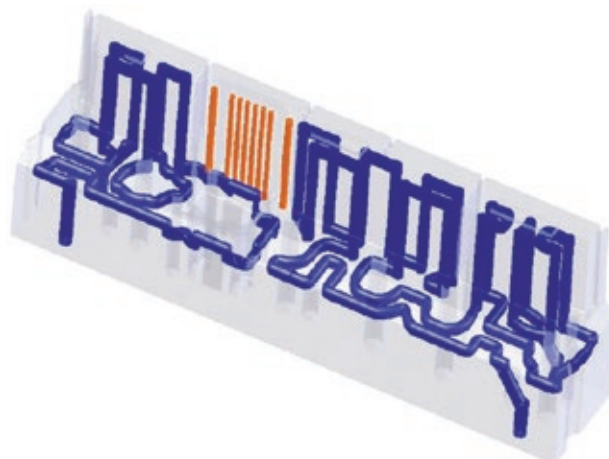
Ta odgovornost se začne z mehansko zasnovo poti kanalov, ki morajo biti prilagojene ustreznemu proizvodnemu procesu. Položaj in obliko kanalov je treba določiti z vidika tehnologije brizganja plastike ter se odločiti za ustrezno segmentacijo posameznih segmentov kanalov. Ta segmentacija je neizogibna zlasti pri delih z velikimi površinami, saj kalup običajno naknadno deluje pri različnih temperaturah – kot to zahtevajo različna področja dela. To pomeni, da se temperature kalupa ujemajo s posebnim toplotnim ravnovesjem dela. Takšna segmentacija konformnih kanalov, pri brizganju z različnimi temperaturami dovoda vode, pomaga aktivno vplivati in nadzorovati krčenje posameznih površin delov. Izračun izgube tlaka v kanalih je med metodami, ki bi jih projektant tovrstnih sistemov moral obvladati, prav tako izračun toplotne bilance za posamezen kalup.

Povečanje učinkovitosti; Skrajšanje časa cikla

Hlajenje kalupa tako res ni nekaj, kar bi inženirji morali dovoliti, da teče le kot stranski del načrtovanja kalupa. Hlajenje kalupov, predvsem konformno hlajenje, je zaradi zgoraj opisanih tehnologij dozorelo v samostojen izdelek in ga kot takega tržijo nekateri strokovnjaki. Kar zadeva kompleksnost konformnega sistema hladilnih kanalov, je primerjava s sistemom vročega voda zelo primerna.



» Slika 4: Konformno hlajenje s kompozitom jeklo-baker, ki odvaja toploto hitreje kot običajno orodno jeklo. Vir: Contura MTC



» Slika 5: Jedro orodja za elektronsko ohišje iz ABS. Jedro ima dva neodvisno krmiljena konformna hladilna kanala. Vir: Contura MTC

Slika 5 prikazuje primer konformnega hlajenja iz avtomobilske industrije. Jedro za elektronski izdelek iz ABS je približno 300 mm dolgo, 50 mm široko in približno 100 mm visoko. Celotno območje za definiranje konture ima dva neodvisno nadzorovana hladilna kanala, ki potekata pod njim. V ožjem območju jedra zagotavljajo bakreni toplotno prevodni zatiči v jeklenem kompozitu zadosten odvod toplote.

Tudi v embalažnem sektorju, kjer so kratki ciklični časi bistveni, je mogoče doseči jasno povečanje časa cikla kot rezultat prefinjene-



» Slika 6.: Kalupni vložek na brizgalni strani za tankostenski embalažni del z dvema neodvisnima hladilnima krogotokoma. Vir: Contura MTC

ga konformnega hlajenja. Slika 6 prikazuje prečni kalupni vložek tankostenskega embalažnega izdelka. Dva neodvisna hladilna kroga omogočata, da brizgalec prilagodi temperaturo sten kalupa v predelu dolivka in v območju površine kalupa z zahtevami izdelka. Rezultati so zelo kratki časi ciklov, stabilni procesi in visokokakovostni izdelki.

Premična polovica kalupa hladilnika motorja, prikazana na naslovni fotografiji, impresivno kaže, kako lahko različne tehnologije medsebojno delujejo, da zagotovijo izjemno rešitev. Tridimenzionalno oblikovani hladilni kanali oskrbujejo ozke predele do nivoja, pri katerem je še tehnično izvedljivo izvesti ustrezne prereze kanalov. V naslednjih, ožjih predelih jedra so vidni bakreni toplotno prevodni zatiči, vgrajeni v jekleni plašč, ki učinkovito odvajajo toploto tudi iz najožjih konturnih predelov.

Še zadnje opozorilo

Konformno hlajenje kalupa za brizganje je kljub svojim prednostim še vedno tehnologija Cinderella. Le nekaj inovativnih podjetij je prepoznalo potencial te tehnologije in že prihranijo sedemdesetne vsote evrov na leto.

Kdor ne bo opazil ali, kar je še pomembneje, ne izkoristil teh pomembnih dogodkov, bo hitro zaostal za svojimi tekmeci. Ker je razvoj tega področja izdelave kalupov podoben krivulji kvadratne funkcije, s sprva malim gradientom, nato pa postaja eksponentno strmejši, je pomembno, da mala in srednje velika podjetja ostanejo v stiku.

Zastopstvo za podjetje Contura MTC ima za Slovenijo podjetje ABC BRIZGANJA d.o.o. iz Slovenije.

ROBOS d.o.o.
Pol strani, ležeče 210 x 148
nekovine