

K-PROFI



Transparenz vergrößert

Mit Computertomografie und Simulation geht Steffen Hachtel neue Wege bei der Bauteilqualifizierung und Werkzeugoptimierung



Markchancen verbreitert

Mit interessanten Erkenntnissen für Kunststoffverarbeiter bilanzierten die Messen NPE, Usetec, Medtec und Moulding Expo

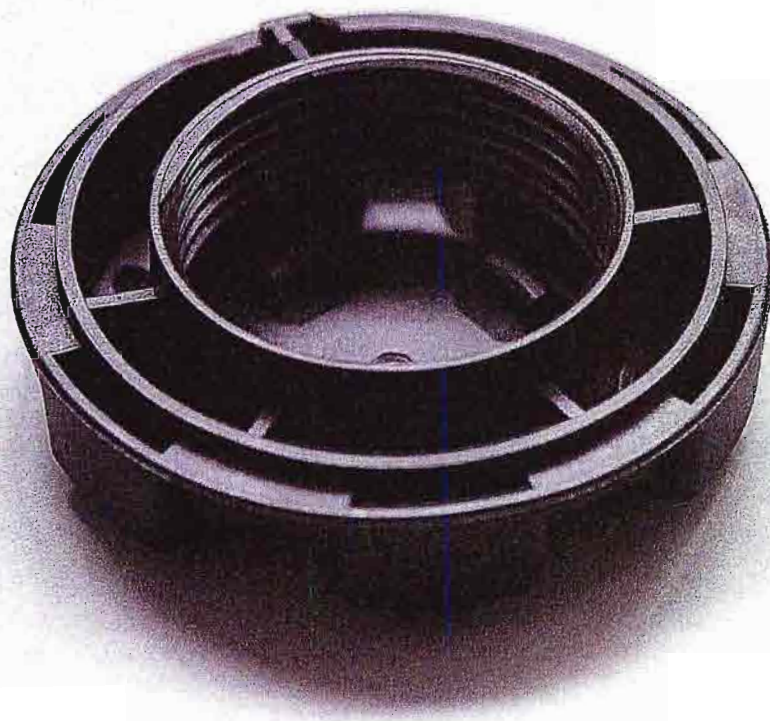


Ausfallrisiko verringert

Mit geringem Aufwand setzt LKH eine ausgefeilte Strategie für die Reinigung der Hydrauliköle seiner Spritzgießmaschinen um

Hochwertige Compounds aus Produktionsabfall: Mit enormem Engagement und speziellem Know-how verarbeitet RSH Polymere auch Material, an das sich andere Aufbereiter nicht herantrauen





Mit der Computertomographie wurde der Grund für widersprüchliche Messergebnisse des Innendurchmessers dieser Schraubkappe aufgeklärt.

Werkzeugoptimierung statt Werkzeugkorrektur

Wie Hachtel mit Computertomographie Transparenz in die Bauteilqualifizierung bringt

„Messberichte und gestempelte Zeichnungen taugen oft nur für Papierflieger, denn sie liefern keine brauchbaren Aussagen“, findet Steffen Hachtel klare Worte, wenn er über Bauteilqualifizierung und Werkzeugabmusterung spricht. Seit der Geschäftsführung des mittelständischen Spritzgießbetriebes und Werkzeugbauers F. & G. Hachtel GmbH & Co. KG in Aalen für diese Zwecke die Computertomographie nutzt, hat sich in seinem Haus ein deutlicher Paradigmenwechsel vollzogen.

Text: Dipl.-Chem. Toralf Gabler, Redakteur K-PROFI

Ursprünglich als Automattendreherei gegründet, startete das Unternehmen 1962 auf selbst entwickelten Spritz-Montageautomaten und eigenen Heißkanalwerkzeugen mit der Produktion von Rollringen für Gardinen in die Kunststoffära. Nach Umstrukturierungen Mitte der 80er Jahre stellt Hachtel heute auf 20 Spritzgießmaschinen im Schließkraftbereich von 400 bis 2.200 kN, darunter sieben 2K-Maschinen, anspruchsvolle Kunststoffteile für die Automobil-

und Luftfahrtindustrie sowie den Bereich Weiße Ware her. Die Aalener haben kein eigenes Produktsortiment, bieten aber als Zulieferer alles rund um die Entwicklung von Kunststoffteilen – von Musterformen über den Werkzeugbau bis zur Serienproduktion.

Aha-Erlebnis durch Computertomographie

„Irgendwann“, erinnert sich Hachtel, „sind wir mit der Qualifizierung unserer Bauteile und den Freigabeprozeduren für unsere Werkzeuge nicht mehr klar gekommen.“ Im eigenen Messbericht standen ebenso wie im Messbericht des Kunden zwar absolute Werte. „Die haben aber oft nicht zueinander gepasst und dann hat man diskutiert, wer falsch gemessen hat.“ Oder: Bei einem Gewindedeteil war zunächst nicht heraus zu finden, woran es lag, dass dieses nicht einwandfrei funktionierte. Die taktil aufgenommenen Messwerte lagen alle im Toleranzbereich. Erst durch einen Computertomographie-Scan, damals im Auftrag durch die ortansässige Firma Zeiss erstellt, wurde offenbar, dass ein Verzugs effekt die

Gewindesteigung beeinträchtigte, was mit der Koordinatenmessmaschine überhaupt nicht erfassbar war. Als die Ursache klar war, konnte dieser Verzug schnell durch inverse Vorhaltung im Werkzeug beseitigt werden. Anschließend funktionierte das Gewinde einwandfrei.

Dieses Aha-Erlebnis weckte bei Steffen Hachtel das Interesse an der CT. „Unsere Vorstellung damals: Über Soll-Ist-Vergleiche können wir mit dieser Methode einfach feststellen, wo ein Musterteil von der Zeichnung abweicht, halten diese Abweichung durch eine Werkzeugkorrektur invers vor und dann passt es“, erklärt Hachtel. Gemäß seinem von ihm kreierten Unternehmensleitungsgrundsatz „Tun macht klug“ investierte er im Jahr 2008 rund 650.000 EUR in die erste eigene CT-Anlage inklusive Software. Nach sieben Jahren intensiver Auseinandersetzung mit dieser Technik hat Hachtel die nunmehr dritte Anlage ins Haus geholt und mit seinen Mitarbeitern umfangreiches Know-how in der Computertomographie erarbeitet, die er nun als Dienstleistung anbietet. Er hat zudem weitere Vorteile schätzen gelernt und praktiziert inzwischen eine völlig neue Philosophie der Teilequalifizierung und Werkzeugoptimierung. „Denn die CT hat noch viel mehr ans Licht gebracht, als wir uns damals denken konnten“, weiß der Geschäftsführer heute.

Alle Daten mit einer Messung

Einen großen Vorteil im Vergleich zu anderen Qualifizierungsverfahren sieht Hachtel in der kompletten dreidimensionalen Beschreibung der Teilgeometrie, die er mit einem CT-Scan erhält. „Damit habe ich ein ideales Instrument, für verschiedene Analyse- und Auswerteverfahren“, hebt er hervor. „Beim Koordinatenmessverfahren muss das benötigte Maß festgelegt und das Teil so aufgespannt werden, dass dieses Merkmal vermessen werden kann. Am Ende erhält man einen Messwert.“ Benötigt man später ein zusätzliches Maß, gehe die ganze Prozedur erneut los. „Mit der Problematik, dass es möglicherweise gar nicht reproduzierbar ist“, fügt Hachtel hinzu. Mit den CT-Daten dagegen kann noch Tage oder gar Jahre später jedes beliebige Messmerkmal zusätzlich generiert, können Defektanalysen, Soll-Ist-Vergleiche mit CAD-Daten oder Ist-Ist-Vergleiche mit freigegebenen Mustern durchgeführt werden. „Ich habe mit einem guten Scan alles erfasst und kann jederzeit flexibel darauf zugreifen“, erklärt er.

Mangelnde Reproduzierbarkeit taktiler Messverfahren aufgeklärt

Mit Hilfe der CT konnte auch die mangelnde Reproduzierbarkeit von taktil ermittelten Messwerten aufgeklärt werden. „Herzstück jeder Qualifizierung ist der Messbericht“, erläutert Steffen Hachtel. „Auf diesem stehen absolute Werte und jeder glaubt, diese stimmen.“ Warum dem nicht so ist, demonstriert er am Innendurchmesser einer Schraubkappe. „Ich kann den Durchmesser an verschiedenen Stellen messen, weiter oben oder weiter unten“, zeigt er und belegt anhand eines CT-Scans, dass die Werte je nach Messort um bis zu einen halben Millimeter schwanken. Vom Messdienstleister gebe es zwar einen absoluten Wert auf seinem Bericht, aber keiner dokumentiere in der Regel die Vorgehensweise und die Antastpunkte.



Geschäftsführer Steffen Hachtel: „Die CT hat viel mehr ans Licht gebracht, als wir uns am Anfang denken konnten.“

Für einen Test hat Hachtel mehrere renommierte Messdienstleister zur Bestimmung ausgewählter Funktionsmaße für ein und dasselbe Bauteil mit der Koordinatenmessmaschine beauftragt. Auf den Berichten sind Maße mit bis zu vier Kommastellen angegeben, allerdings differieren die Angaben untereinander um bis zu 0,25 mm. „Damit kann man weder eine Qualifizierung durchführen, noch Funktionen abklären oder gar ein Werkzeug korrigieren“, beklagt Hachtel und ergänzt: „Das Problem liegt dabei nicht im ungenauen Messen, sondern in der mangelnden Transparenz der konventionellen Messverfahren.“

CT bringt Transparenz in Messergebnisse

Transparenz sieht Hachtel durch die CT gewährleistet: „Hier ist ohne großen Zusatzaufwand nachvollziehbar, wie, wo und mit wie vielen Messpunkten dieses Merkmal überhaupt angetastet worden ist.“ Am einfachen Beispiel einer ebenen Fläche an einem Funktionsteil demonstriert er den Einfluss der Anzahl der Messpunkte. Während die taktile Prüfung mit 20 Messpunkten beim Kunden eine Abweichung in der Ebenheit um rund 0,07 mm ergab, resultierte aus dem CT-Scan bei Hachtel mit 1.000 Messpunkten eine mit 0,39 mm deutlich größere Unebenheit. Wertet man den 3D-Datensatz aus dem CT-Scan ebenfalls mit 20 nach Kundenangaben ähnlich gesetzten Antastpunkten aus, wird eine Abweichung von 0,05 mm ermittelt. Deshalb ist sich Hachtel sicher: „Solange ich nicht transparent machen kann, wie und was ich gemessen habe, kann ich den absoluten Messwert auch nicht verwerten.“

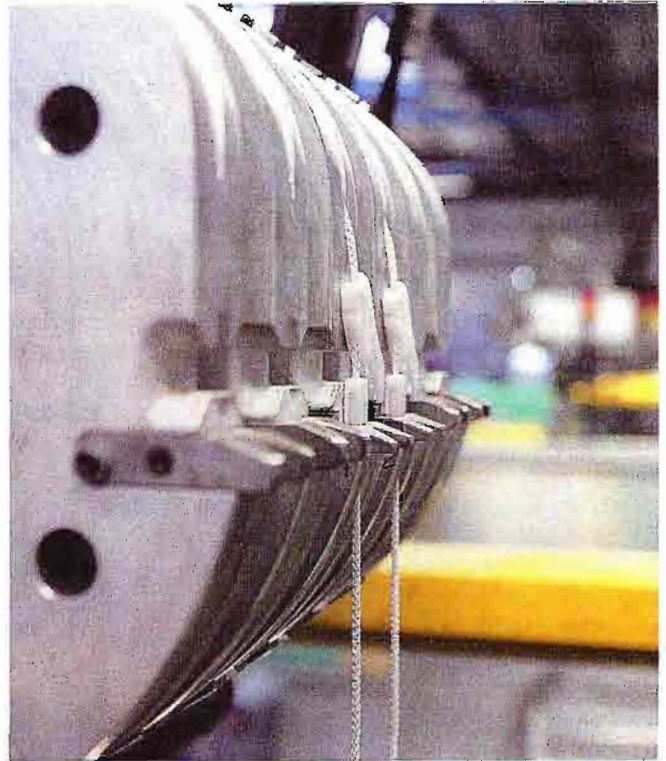
Diese Transparenz zahlt sich aus. Seitdem in Aalen die freigegebenen Erstmuster über CT-Scans dokumentiert werden, ist laut Hachtel die Reklamationsquote um rund 80 % gesunken. Bei Reklamationen wird das reklamierte Teil eingescannt und im Ist-Ist-Vergleich dem freigegebenen Muster gegenübergestellt. „Mit dieser transparenten Messphilosophie können wir heute eindeutig belegen, was sich am Bauteil geändert hat“, sagt Hachtel. „Und in 70 bis 80 % der Fälle hat sich am Teil gar nichts geändert, sondern es gab andere Gründe“, fügt er hinzu.

Transparenz bringt alles ans Licht

Dass eine solche Transparenz nicht nur Vorteile mit sich bringt, musste Hachtel auch erfahren. So macht der CT-Scan verborgene Vakuolen sichtbar. „Das führt dann immer zu Diskussionen“, sagt der Geschäftsführer. Nahezu jeder Kunde gebe mit der Zeichnung „lunkerfreie Teile“ in Auftrag, was rein physikalisch in vielen Fällen aber unmöglich sei. „Vakuolen hat es immer gegeben, was wir mit CT-Scans von Rückstellmustern belegen können. Und nur dadurch, dass ich etwas in ein Dokument schreibe, was mit konventionellen Methoden nicht zu sehen war, wird es ja nicht besser“, meint Hachtel. Wenn bei einer bestimmten Geometrie keine lunkerfreien Teile hinzubekommen oder die geforderten Toleranzen nicht einzuhalten seien, müsse der Kunde



Anspruchsvolle Sonderverfahren, wie hier das Umspritzen von Kunststoffkordeln mit Funktionselementen, gehören zu den Spezialitäten der Spritzgießfertigung bei Hachtel.



entweder akzeptieren, dass die Funktion trotzdem gewährleistet ist – dann müsse die Dokumentation geändert werden – oder, dass das Verfahren deutlich teurer wird. „Man lügt sich nicht mehr gegenseitig etwas vor“, sagt Hachtel und ist davon überzeugt, „dass sich diese Transparenz am Ende des Tages durchsetzt“.

Darüber hinaus überwindet die Computertomographie Grenzen, die die taktile Vermessung von Bauteilen aus flexiblen Materialien setzt. So sind bspw. Wanddickenanalysen an verschiedenen Stellen von Faltenbälgen ebenso möglich wie die Prüfung von Dichtungen im eingebauten Zustand. Selbst die Orientierung von Glasfasern oder Bindenähte im Nanobereich lassen sich damit sichtbar machen.



MAIER



MESSER FÜR RECYCLING / KUNSTSTOFF

Maier-Unitas GmbH – Maschinenfabrik

Tel. +49 (0) 70 24 - 97 02 - 0
 Fax +49 (0) 70 24 - 97 02 - 10
 Mail mail@maier-unitas.de
www.maier-unitas.de



Inverse Werkzeugkorrektur hilft oft nicht

Radikal geändert hat sich durch die Einführung der CT das Vorgehen bei der Werkzeugkorrektur, die dem Ausgleich der durch den Verzug auftretenden Formuntreue dient. Übliches Vorgehen ist, die reale Abweichung des Musters im Vergleich zum CAD-Datensatz im Werkzeug invers vorzuhalten und damit am Ende ins Soll zu kommen. Hachtel berichtet aus Erfahrung: „Das funktioniert allerdings in vielen Fällen nicht“ und erläutert die Problematik am Beispiel eines Hebels aus teilaromatischem Polyamid für ein Cabrio-Dach, der in Aalen gefertigt wird. Der CT-Scan zeigt am Ende des 22 cm langen Bauteils bei einer vorgegebenen Formtoleranz von 0,5 mm einen Verzug von 2,5 mm. Trotzdem lässt sich der Hebel ohne Probleme einbauen und funktioniert auch einwandfrei.

Grund ist nach Ansicht von Hachtel, dass die Qualifizierung – wie im Automobilbereich meist üblich – nach dem Referenzpunktsystem (RPS) erfolgte, was bei weitestgehend formtreuen Bauteilen meist funktioniert. Richtet man dagegen den CT-Scan nach der Best-Fit-Methode (ROI) zu den CAD-Daten aus, ergibt sich an jedem Ende des Hebels nur noch eine Abweichung von jeweils 0,1 mm.

Hätte der Werkzeugbau das Werkzeug gemäß der Zeichnungsvorschrift nach RPS entsprechend zu korrigieren versucht, so Hachtel, hätten über die Trenneben völlig neue Formeinsätze gefräst werden oder die Schieberlaufbahnen verändert werden müssen. „Immer mit der Gefahr, dass der Hebel dabei einen neuen Verkippungseffekt erhält, der dann eine erneute Korrekturschleife nach sich zieht“, gibt

er zu bedenken. „Damit bekomme ich das Werkzeug nur schwer in den grünen Bereich.“ So wurde in Absprache mit dem Kunden die Zeichnungsvorschrift zur Ausrichtung des Bauteils geändert und das Werkzeug war einsatzbereit.

Individuelle Ausrichtphilosophie für jedes Teil

„Daraus haben wir gelernt, dass wir rund 80 % der Zeichnungen in Frage stellen müssen“, betont Hachtel, „da die Ausrichtphilosophie nach der Zeichnung oft weder für die Qualifizierung der Bauteile noch für die Werkzeugkorrektur geeignet ist.“ Dies setzt aber voraus, dass der Kunde das Problem versteht und bereit ist, die Zeichnung oder die Ausrichtphilosophie zu ändern. Daher ist es bei Hachtel jetzt Standard, den CT-Scan eines neuen Teils im Vergleich zu den CAD-Daten sowohl nach RPS und ROI oder einem selektiven Best-Fit auszurichten. Bei letzterem wird das Teil nicht komplett eingedreht, wenn beispielsweise an einer Stelle eine gravierende Abweichung auftritt, die gegebenenfalls doch korrigiert werden muss, oder diese keine Funktion hat und damit nicht zwingend berücksichtigt werden muss. Würde diese Stelle einbezogen, könnte sie durch den Best-Fit starke Auswirkungen auf das ganze Teil ausüben und zu virtuellen Abweichungen zum CAD-Datensatz führen, die real gar nicht existieren. „Deshalb arbeiten wir bei jedem Teil individuell an einer jeweils optimalen Ausrichtphilosophie für die Qualifizierung in Bezug auf die Zeichnung und einer Ausrichtung für die Werkzeugkorrektur“, fasst der Geschäftsführer zusammen.

Simulation separiert Einflüsse für Schwund und Verzug

Allerdings verwendet er den Begriff Werkzeugkorrektur nur ungern, sondern spricht lieber von Werkzeugoptimierung. „Denn“, so Hachtel, „das Werkzeug ist doch heutzutage dasjenige Element im ganzen Herstellprozess, das sehr genau gearbeitet ist. Kein Werkzeugbauer fräst zwei Zehntel daneben.“ Wenn etwas nicht stimmt, dann seien das Schwund- und Verzugseffekte im Vergleich zu den Vorhersagen. Diese beiden Effekte seien oft mehr durch die Bauteilgeometrie oder die Verfahrensparameter zu beeinflussen als durch das Werkzeug. Deshalb haben die Aalener umfangreiche Benchmarks mit Simulationssoftware erstellt, indem sie CT-Scans mit den entsprechenden Verzugsvorhersagen abglichen. Hierbei erreichte man nach Aussage des Geschäftsführers mit Sigmasoft bisher die besten Ergebnisse, nicht nur im Trend sondern auch quantitativ.

Vorteil dieser Software ist nach Ansicht von Hachtel, dass sie nicht nur vom Bauteil ausgeht, sondern das ganze Werkzeug inklusive Temperierung berücksichtigt. „Dadurch können wir neben Füllstudien auch die Verzugseffekte durch die unterschiedlichen Einflussparameter separieren“, hebt er hervor. Man könne nun viel gezielter in die Konstruktion des Werkzeuges bzw. bereits im Vorfeld in die Optimierung des Bauteils gehen. „Wenn sich mit Hilfe der Simulation herausstellt, dass z.B. eine veränderte Temperierung keine Verbesserung bringen kann, muss man über die Geometrie des Bauteils reden“, sagt Hachtel. „Früher wurde eine Geometrie vorgegeben und der Werkzeugbauer war schuld, wenn die Toleranzen nicht

Besuchen Sie uns auf der
COSMETIC BUSINESS
Halle 4 | Stand D06

Andersartig.

Alles Farbe – oder was? Bei GRAFE schon. Mit unseren Masterbatches erfüllen wir Ihnen jeden Farbwunsch. Zugegeben, manchmal treiben wir es ganz schön bunt.
GRAFE – Das Beste verbinden.



MASTERBATCHES WORLDWIDE

**COLORED VISIONS
IN PLASTICS**

www.grafe.com



Dieser Luftleiter aus dem 5er BMW ist das größte bei Hachtel mit CT gescannte Einzelteil aus Kunststoff.



Neuer Meilenstein: Mit dem Arburg-Freeformer will Hachtel künftig Funktionsbauteile in kleiner Serie herstellen.



Bei der Optimierung der Einzelteile des mit dem Red-Dot-Award ausgezeichneten Forst-Funksender half die CT.



Je nach Größe des Bauteils und gewünschter Auflösung dauert ein dreidimensionaler CT-Scan zwischen 20 und 50 Minuten.



Mit der CT können Bauteile in Einbausituation geprüft werden: In dieser großen Anlage hat Hachtel schon komplette Spülmaschinen gescannt.

eingehalten werden konnten. Heute können wir belegen, dass es manchmal auch gar nicht funktionieren kann.“

In der Vergangenheit, so berichtet Hachtel, sei dann in zahllosen Rekursionsschleifen korrigiert und gemessen worden, bis es entweder irgendwie stimmte, oder es wurde, wenn das Teil trotz Toleranzüberschreitungen funktionierte, eine vorläufige Freigabe erteilt. „Das war keine Ausnahme sondern eher der Normalfall“, sagt Hachtel. „Wir haben heute noch Werkzeuge aus der Zeit vor 2008, mit denen wir seitdem unter vorläufiger Freigabe die Serie produzieren.“

Kein Erfolg ohne Prozessverständnis

Im Zusammenspiel der Einflussfaktoren komme auch dem Prozessverständnis eine enorme Bedeutung zu, hebt Hachtel hervor und erklärt dies am Beispiel eines zylindrischen Bauteils mit Innenrippen. Hier stellte man in einer Abschlussebene bei einer Toleranzvorgabe von 0,15 mm eine Abweichung von 0,3 mm in der Ebenheit fest. Untersuchungen ergaben, dass die Rippen ein Vorseilen der Schmelze bewirkten, was in diesem Bereich zu einer Bindenaht führte. Das dadurch verursachte Aufstellen der Glasfasern ergab letztlich die Unebenheit. „Ein inverses Vorhalten im Werkzeug zum Ausgleich führte nicht unmittelbar zum Erfolg“, berichtet Hachtel. „Nach der ersten Rekursionsschleife hatten wir statt 0,3 nun 0,6 mm Abweichung.“ Anschließende Analysen zeigten, dass bereits minimale Schwankungen im Prozess die Bindenaht örtlich minimal verschieben, wodurch die inverse Anpassung im Werkzeug womöglich genau den gegenteiligen Effekt auslöst. „Eine Werkzeugkorrektur hätte hier also nur Erfolg, wenn der Prozess zu 100 % reproduzierbar ist“, resümiert Hachtel. Daher setzen die Aalener jetzt auch die CT zum Test der Prozesskonstanz ein. Es werden mehrere Teile gespritzt, gescannt und im Ist-Ist-Vergleich auf Reproduzierbarkeit überprüft.

Mehraufwand lohnt sich

„Alles zusammen genommen, haben wir durch die Erfahrungen mit der CT eine völlig neue Vorgehensweise entwickelt, bei der die Disziplinen Konstruktion, Werkzeugbau und Messung miteinander verschmelzen“, betont Hachtel. Heute müsse jeder die Arbeit des anderen verstehen und seine Philosophie ggf. überdenken. Dies alles habe natürlich seinen Preis. Mit Simulation und CT

komme man auf bis zu 10.000 EUR Mehrkosten für eine Werkzeugkonstruktion. „Wir halten das aber für besser als fünf- oder sechsmal etwas zu versuchen und dabei womöglich alles noch zu verschlimmbessern“, meint Steffen Hachtel. „Natürlich kann ich auch eine Füllstudie für 1.000 EUR machen. Dann hat man Füllbilder. Die Frage ist, ob man damit allein etwas anfangen kann.“


Noch sei nicht bei allen Kunden das Verständnis dafür da, räumt Hachtel ein. Aber Vielen könne man aufgrund der langjährigen Erfahrung in der industriellen Computertomographie und des sehr erfolgreichen Dienstleistungsangebots die visuellen Möglichkeiten der CT und der Simulation aufzeigen. Dadurch wachse das Interesse und Verständnis mehr und mehr. „Und durch die Erfahrung, dass es ein anderer Spritzgießer auf konventionellem Weg auch nicht hinbekommt“, schmunzelt er.

CT-Know-how für die additive Fertigung

Nun will Hachtel sein CT-Know-how auch auf die additive Fertigung anwenden. Seit Ende letzten Jahres gehören die Aalener zu den ersten Unternehmen, die einen Freeformer von Arburg im Haus haben. „Unser Ziel sind keine Prototypen sondern Funktionsbauteile in kleiner Serie“, sagt Hachtel. Mit dem Freeformer verbinde man die Erwartung, reproduzierbare Bauprozesse darstellen zu können, die man gezielt modifizieren und optimieren kann. Da die bisherigen additiven Verfahren aus dem Prototypenbau kämen, sei dies dort oft nicht gegeben. Trotzdem sei auch

hier noch einiges zu tun. Durch den völlig anderen Bauprozess könne man ein Spritzgießteil nicht einfach 1:1 in die additive Fertigung übernehmen. Zunächst müsse man das Teil auf seine Funktionen zurückführen und dann auf dieser Basis mit einer neuen Konstruktion die Vorteile der additiven Fertigung ausnutzen. Dabei habe man ähnliche Probleme wie beim Spritzgießen. „Die Teile kommen selten so raus, wie man es erwartet“, sagt Hachtel, „denn auch hier gibt es Schrumpf und Verzug.“ Um das zu untersuchen, habe man in Aalen beste Voraussetzungen, betont der Geschäftsführer. „Mit der CT können wir die Teile ideal qualifizieren und mit den CAD-Daten vergleichen, um den Bauprozess zu beurteilen und zu modifizieren. Das traditionelle Spritzgießen sieht Steffen Hachtel durch die neue Technologie nicht gefährdet. „Additiv steht hierbei im Sinne eines zusätzlichen Verfahrens“, meint der Geschäftsführer.

CT-Wissen wird weitergegeben

Die vielfältigen Möglichkeiten der CT bietet Hachtel als Dienstleister auch anderen Unternehmen an. Zusätzlich schicken interessierte Unternehmen regelmäßig ihre Mitarbeiter zu Schulungen und Workshops, in denen die Experten von Hachtel ihr Wissen und ihre Erfahrungen praxisorientiert vermitteln. 

www.fg-hachtel.com



VAUTH-SAGEL

**LUFTANSAUGSTUTZEN:
MIT KUNSTSTOFF NEUE MASSSTÄBE SETZEN.**

Die Qualität eines Produktes ist immer so gut, wie die teils unsichtbar im Inneren verborgenen Bauteile oder Bauteilgruppen. An diese Elemente werden deshalb besonders hohe Anforderungen gestellt. Die Optimierung des Luftansaugstutzens zeigt die Tragkraft innovativer Zulieferprodukte: Materialumstellung auf Kunststoff, deutlich verbesserte Eigenschaften, wie Reduzierung der Montagezeit, längere Lebensdauer und hohe Funktionalität, zählen auf den Markterfolg des Gesamtproduktes ein.

Vauth-Sagel – seit 1962. www.vauth-sagel.de