

## Vorwort

Das Hauptaugenmerk des Spritzgießprozesses liegt auf der Herstellung eines Spritzgießprodukts in der gewünschten Qualität und der Möglichkeit, die Prozessparameter während der Massenproduktion konstant zu steuern, um ein Produkt von gleichbleibender Qualität zu erzeugen. In der Praxis des Spritzgießprozesses sind die verwendeten Einspritzbedingungen jedoch nicht optimal und stabil, oder die Qualität des Produkts kann während des Produktionsprozesses aufgrund von Veränderungen des Kunststoffes, der Spritzmaschine, der Verarbeitungsbedingungen oder der Produktionsumgebung schwanken. Daher ist es wichtig, bei der Festlegung der Spritzgussbedingungen oder der Kontrolle der Stabilität der Produktionsbedingungen diese anhand wissenschaftlicher theoretischer Berechnungen oder anhand online verfügbarer Produktionsdaten zu bewerten und zu kontrollieren. Dies ist der richtige Ansatz für den Spritzgießprozess.

## Die traditionelle Versuch-und-Irrtum-Methode

In der heutigen wettbewerbsorientierten Spritzgießindustrie, in der die Rentabilität des Spritzgießens sinkt, werden die Anforderungen an die Produkteinführungszeit, die Komplexität, die Qualität und die Genauigkeit jedoch immer strenger. Angesichts dieser ernsten Situation sind die Verarbeiter nicht mehr in der Lage, zu viel Ausschuss und fehlerhaftes Material zu produzieren und die Anforderungen ihrer Kunden zu erfüllen, wenn sie weiterhin die traditionellen Methoden der Maschineneinstellung und Produktionsanpassung anwenden.

Konventionelle Spritzgießbetriebe verwenden häufig die Methode des "iterativen Versuchs", um Prozessparameter festzulegen, einen oder einige der Prozessparameter zu ändern, um das Produkt zu testen und dann zu beurteilen, ob die geänderten Parameter die Produktqualität wirksam verbessern. Der Hauptgrund dafür ist, dass die Änderung der Prozessparametereinstellungen und die tatsächliche Reaktion der Maschine auf die Änderung der Prozessparameter möglicherweise nicht übereinstimmen. Die tatsächliche Reaktion der Maschine in Bezug auf die Einspritzgeschwindigkeit ändert sich nicht wesentlich.

Die Nichtbeachtung der Maschinenreaktion kann zu der irreführenden Schlussfolgerung führen, dass Änderungen der Einspritzgeschwindigkeitseinstellungen keine Auswirkungen auf die Produktqualität haben, was die traditionelle Versuch-und-Irrtum-Methode zu einem teuren und ineffizienten Weg der Produktentwicklung macht.

## Wissenschaftliches Spritzgießverfahren

Ein wissenschaftlich fundiertes Spritzgießverfahren ist eine systematische Methode zur Anpassung und Einstellung der Spritzgießbedingungen, die in erster Linie auf der Verwendung wissenschaftlicher Daten oder Methoden beruht (Verwendung wissenschaftlicher theoretischer Methoden zur Überprüfung, Entwicklung und Prüfung von Hypothesen und erwarteten Ergebnissen, zum Ziehen von Schlussfolgerungen und zur Bereitstellung reproduzierbarer Ergebnisse). Es erfordert den Einsatz umfassender

Datenerfassungs- und wissenschaftlicher Analysetechniken, entweder in der Prototypenphase oder in der kontinuierlichen Produktion, um Spritzgießbedingungen zu entwickeln und zu dokumentieren und Prozessspezifikationen sowie Prozessparameter und Kontrollverfahren festzulegen, um einen streng kontrollierten und wiederholbaren Herstellungsprozess zu erreichen.

Das wissenschaftliche Spritzgießen ist die beste Methode zur Herstellung komplexer und qualitativ hochwertiger Formteile. Das wissenschaftliche Spritzgießen ist ein Verfahren, das sich auf ein hohes Maß an Präzision und Produktionsdaten stützt, das jegliches Rätselraten ausschließt und die Qualität und Herstellbarkeit maximiert. Das wissenschaftliche Spritzgießen ist besonders wertvoll, wenn es um Entscheidungen zur Prozessoptimierung, zur Validierung des Form- und Werkzeugdesigns und zur Kontrolle der Produktqualität geht. Diese Methode ist den Standardformverfahren überlegen, da sie ein hohes Maß an wissenschaftlicher Kontrolle bietet, die durch Vorversuche, Verwendungsanalysen, Prozessüberwachung und Qualitätskontrolle erreicht werden kann, so dass Prozessänderungen innerhalb von Sekunden korrigiert werden können.

### Gängige wissenschaftliche Methoden der Formprüfung

Ein gängiger wissenschaftlicher Ansatz für Formversuche ist die Anwendung der Taguchi-Methode der Versuchsplanung (DOE), um die Prozessparameter, die die Produktqualität beeinflussen, zu priorisieren (Abbildung 1).

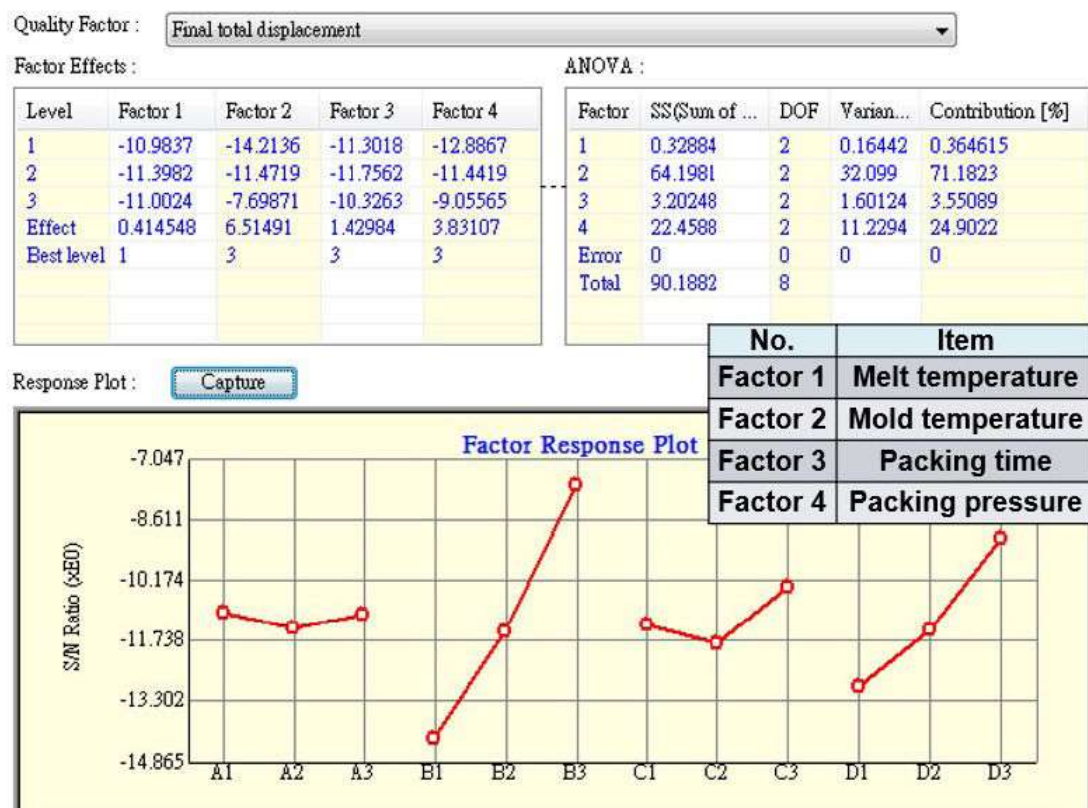


Abbildung 1: Versuchsplan (DOE) Analyse der Spritzgießbedingungen (Moldex3D)

Kurzzeitexperimente können auch zur Bewertung des dynamischen Druckverlusts im Angussystem, der Anschnittposition und der Produktkavitäten in Stufen sowie zur Beobachtung des Gleichgewichts der Strömung in mehreren Kavitäten verwendet werden.

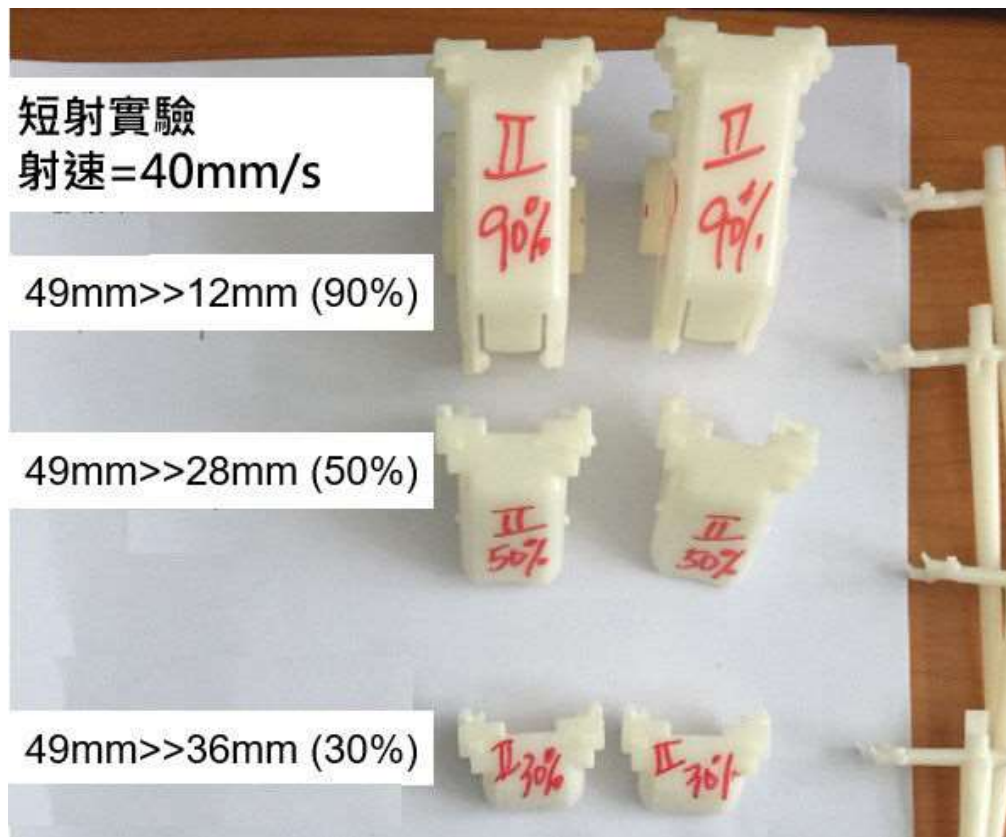


Abbildung 2: Einspritzprobe aus dem Short-Shot-Versuch

Es ist auch möglich, die Größe der Einspritzdruckspitze zu bestimmen. Die rheologische Kurve (Viskositätskurve oder U-Kurve) wird ebenfalls häufig durch Versuche mit verschiedenen Einspritzgeschwindigkeiten ermittelt (Abb. 3).

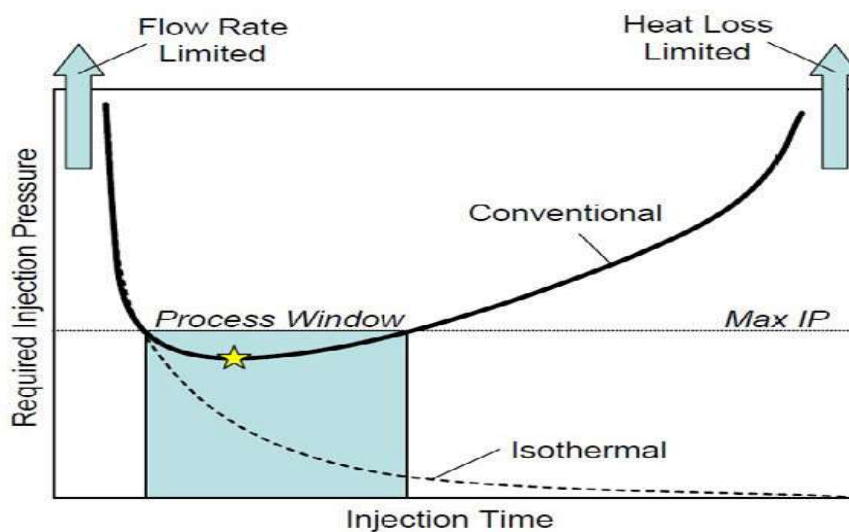


Abbildung 3: Viskositätskurven (U-Kurve) Experimente zur Bestimmung der optimalen Einspritzgeschwindigkeit

Um die optimalen Parameter für die Einspritzgeschwindigkeit zu ermitteln, kann auch eine Studie über die Nachdruckzeit auf der Grundlage einer festen Nachdruckeinstellung und einer Produktgewichtsmessung durchgeführt werden, um die effektiven Nachdruckzeitparameter zu bestätigen (Abbildung 4).

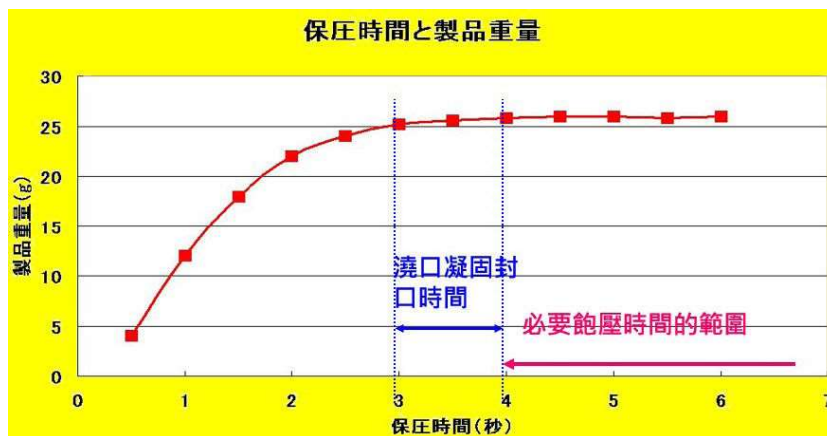


Abbildung 4: Bestätigung der effektiven Nachdruckzeit

### Schlussfolgerung

Zusätzlich zu den oben beschriebenen üblichen wissenschaftlichen Experimenten ist es notwendig, die relevanten Prozessparameter und Daten während der Experimente oder Werkzeugversuche aufzuzeichnen, einschließlich des Feuchtigkeitsgehalts des Kunststoffes nach der Entfeuchtung und Trocknung, der tatsächlichen Materialtemperatur der Schmelze, der tatsächlichen Einspritzfüllzeit, der Temperaturverteilung auf der Werkzeugoberfläche, der Durchflussrate des Werkzeugkühlmediums, der Formzykluszeit, der Maschinenreaktionsdaten (Abbildung 5) und der Geschwindigkeits-, Druck- und Prozessreaktionsdaten (Abbildung 5). mit Geschwindigkeits-, Druck-, Weg-Ansprechkurven (z.B. Bild 6), usw.

数据数	循环时间 (秒)	填充时间 (秒)	计量时间 (秒)	V/P切换压力 (MPa)	最高填充压 (MPa)	V/P切换位置 (mm)	填充率 (%)
141							
现在值	33.17	0.903	7.40	123.94	141.26	6.00	93.04
1次前	34.27	0.903	7.28	124.07	141.58	6.00	92.99
2次前	37.10	0.904	7.25	123.91	141.39	6.00	93.14
3次前	33.58	0.902	7.20	123.84	141.02	6.00	92.93
4次前	33.32	0.904	7.22	123.76	140.97	6.00	93.01
5次前	33.53	0.903	7.22	123.75	141.33	6.00	93.01
6次前	33.89	0.902	7.22	123.65	141.29	6.00	92.94
7次前	32.72	0.904	7.20	123.93	142.45	6.00	92.98
8次前	33.20	0.903	7.21	124.22	142.97	6.00	93.17
9次前	33.21	0.902	7.29	124.71	144.20	6.00	91.59
10次前	40.47	0.902	7.28	124.70	143.34	6.00	91.57
11次前	39.85	0.903	7.28	124.60	146.67	6.00	91.51
12次前	48.35	0.903	7.28	123.75	141.76	6.00	91.59
13次前	33.97	0.902	7.24	123.80	142.79	6.00	91.58
14次前	32.61	0.902	7.26	123.97	142.52	6.00	91.52
15次前	33.05	0.903	7.28	124.21	144.55	6.00	91.59
16次前	39.99	0.903	7.25	124.34	142.60	6.00	91.63
17次前	33.05	0.902	7.28	124.96	145.63	6.00	91.48
18次前	57.92	0.902	7.22	123.93	141.93	6.00	93.03
19次前	34.49	0.903	7.22	123.79	143.09	6.00	92.94
20次前	34.84	0.904	7.21	123.79	142.32	6.00	92.95
最大值	114.37	1.130	99.76	153.82	209.49	40.00	99.98
最小值	0.00	0.220	1.65	103.65	124.36	5.00	91.48

Abbildung 5: Einspritzreaktionsdaten für Spritzgießmaschinen

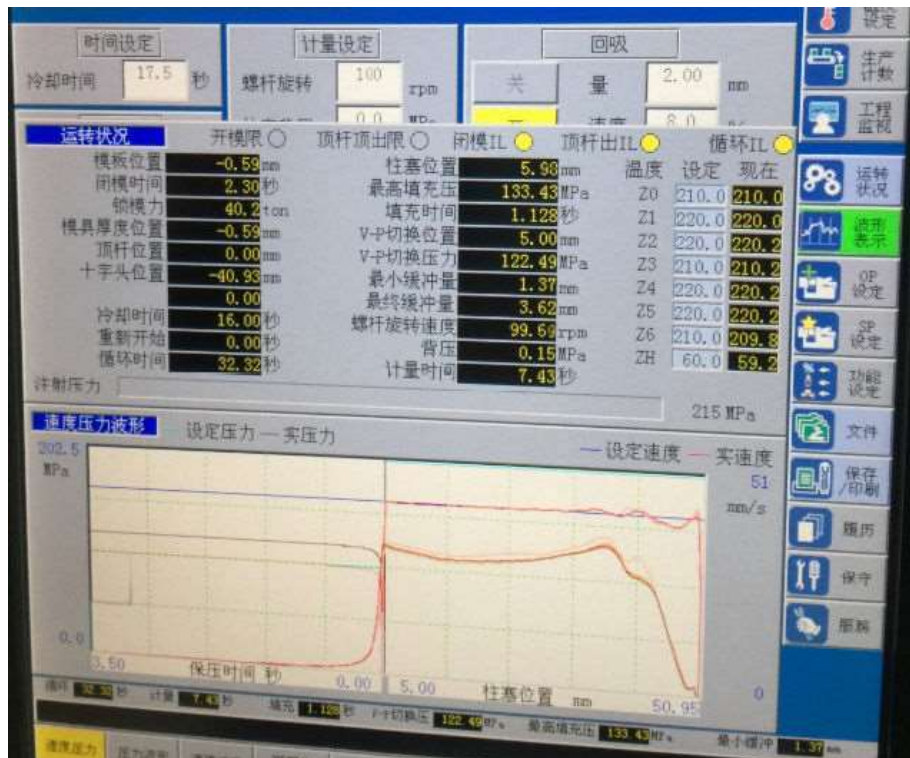


Abbildung 6: Einspritzverhaltenskurven für Spritzgießmaschinen

Die durch die wissenschaftlichen Werkzeugversuche ermittelten wissenschaftlichen Prozessparameter und die Prozessparameter der kontinuierlichen Produktion ermöglichen zusammen mit den während des Prozesses gemessenen und aufgezeichneten wissenschaftlichen Prozessdaten eine präzise Optimierung der Prozessparameter mit minimalem Zeitaufwand während des gesamten Spritzgießproduktionszyklus und führen zu einem stabileren Spritzgießprozess und einer gleichbleibenden Qualität des Spritzgießprodukts.