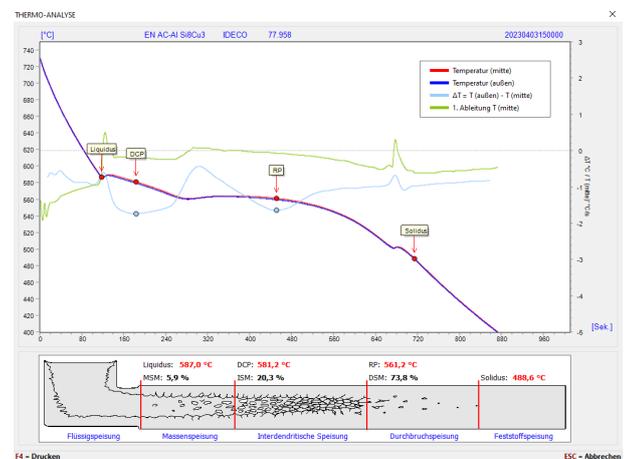


# SPEISUNGS-ANALYSE

Anlage zur Bestimmung und Dokumentation des Speisungsvermögens von Aluminium-Legierungen



Das Gerät kombiniert Thermo-Analyse und Speisungs-Analyse



Ergebnisgrafik der Speisungs-Analyse-Messung

Typ: **SA800SN**

Im Vergleich zu den bereits auf dem Markt angebotenen Messeinrichtungen liefert die **neuartige „Interdendritische Speisungsmessung“** zusätzlich Aussagen über das Speisungsvermögen einer Schmelze und **sorgt Gussfehlern wie Lunker, Einfallstellen und Warmrissen vor.**

Die **SA800SN** unterteilt die Speisungsarten in 5 Phasen und berechnet in der Übergangsphase die prozentualen Speisungsgrade.

Die Volumenkontraktion im Übergangsbereich von der flüssigen in die feste Phase erfolgt bei den meisten Gusslegierungen sprunghaft und kann zu unterschiedlichen Gussfehlern führen.

Diese Einflussfaktoren spiegeln sich in unterschiedlichen Speisungsarten wider und können unterteilt werden in: Flüssigspeisung, Massenspeisung, interdendritische Speisung, Durchbruchspeisung und Feststoffspeisung.

Mit dem Gerät **SA800SN** lässt sich sowohl eine Speisungs-Analyse, als auch eine „klassische“ Thermo-Analyse (zur Bestimmung von Kornfeinung und Veredelung) durchführen.

Wiederverwendbare Probenkokille und NiCrNi Element.

Menügesteuerte Programmführung, anwenderspezifische Identifizierungseingabe, Aufzeichnung der Abkühlkurven, automatische Analyse, Speicherung in Datenbank, Eingabe von Zusatzdaten (z.B. Spektraldaten, VAC-Test, Temperaturen usw.), Suchfunktion, netzwerkfähig, weitere Funktionalitäten in Verbindung mit optionaler Büro-Software „QS-Master“ (z.B. Stammdaten, Sollwerte, ...).

Industrie PC, 15" Monitor, Full-Size Tastatur (108 Tasten) mit Staubschutzfolie, Windows 10 IoT mit abgesicherter Benutzeroberfläche

Abmessungen: B550 x T630 x H1460 mm  
Gewicht: ca. 100 kg  
Energie: 230V~/50Hz oder 115V~/60Hz

# SPEISUNGS-ANALYSE

Anlage zur Bestimmung und Dokumentation des Speisungsvermögens von Aluminium-Legierungen

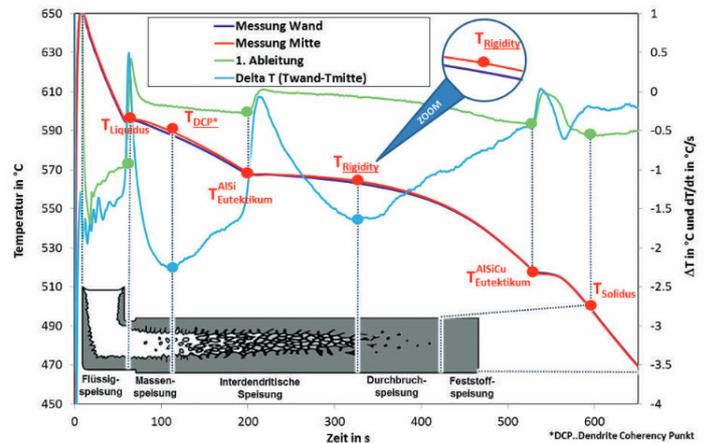
## Speisungs-Analyse, theoretischer Hintergrund

Das Speisungsvermögen wird durch die Änderung des Volumens einer Metallschmelze während der Erstarrung bestimmt. Dabei werden drei Phasen der Volumenkontraktion unterschieden. Im Bereich oberhalb der Liquidustemperatur findet die "Volumenkontraktion der Schmelze"  $\Delta V_{liq}$ , im Übergangsbereich zwischen der Liquidus- und Solidustemperatur die "Erstarrungsschrumpfung"  $\Delta V_{Erst}$  und im Bereich unterhalb der Solidustemperatur die "Schwindung im festen Zustand"  $\Delta V_{sol}$  statt.

Die Volumenkontraktion im Übergangsbereich von der flüssigen in die feste Phase erfolgt bei den meisten Gusslegierungen sprunghaft und kann zu unterschiedlichen Gussfehlern führen. Hierzu zählen Lunker, Einfallstellen und Warmrisse. Die Gussfehlerart, -lage und deren Ausprägung ist abhängig von der Bauteilgeometrie, der Legierungszusammensetzung bzw. der Erstarrungsmorphologie und den Erstarrungsbedingungen. Diese Einflussfaktoren spiegeln sich in unterschiedlichen Speisungsarten wider und können unterteilt werden in: Flüssigspeisung, Massenspeisung, interdendritische Speisung, Durchbruchspeisung und Feststoffspeisung (vgl. Abbildung 1).

Während sich bei der Flüssigspeisung die Schmelze ungehindert bewegen kann, befinden sich bei der Massenspeisung bereits feste Kristalle in der Schmelze, welche die Bewegung der Schmelze behindern. Bei weiterer Abkühlung berühren sich die wachsenden Kristalle und es entsteht ein zusammenhängendes Netz aus Dendriten. Dieser Zeitpunkt ist definiert durch eine bestimmte Temperatur der Schmelze, der sog. "Dendrite Coherency Temperatur", ab der die Bewegung der Schmelze stark eingeschränkt ist und beschreibt den sogenannten "Coherency Punkt". Ab diesem Zeitpunkt findet nur noch die interdendritische Speisung statt, welche über die Zwischenräume der Festanteile wirkt. Bei fortschreitender Erstarrung vergrößern sich die Dendriten soweit, dass die flüssigen Bereiche im Dendritennetz den Zusammenhalt verlieren. Die Temperatur, an dem die Bewegung der Schmelze vollständig behindert ist, wird "Rigidity Temperatur" genannt und beschreibt den sogenannten "Stockpunkt", bzw. "Rigidity Punkt" der erstarrenden Schmelze. [4]

Mit der Speisungsanalyse SA800SN werden der Dendrite Coherency Temperaturpunkt als auch der Rigidity Punkt anhand der Thermischen Analyse gemessen, wodurch Unternehmen die Werte z. B. mit der Stoffdatenbank aus den Simulationsprogrammen abgleichen und ggf. anpassen können. Für die Ermittlung des Coherency Punktes und des Rigidity Punktes werden in der Thermischen Analyse zwei Thermoelemente benötigt, welche die Temperatur in der Mitte und an der Formwand aufzeichnen. Der Coherency Punkt befindet sich in der Abkühlungskurve bei dem ersten Minimum von  $\Delta T = T_{Wand} - T_{Mitte}$ , der Rigidity Punkt beim zweiten (siehe Abbildung 1). Diese Temperaturdifferenz-Minima können damit begründet werden, dass in einem Festkörper die Wärme schneller abgeleitet wird als in der flüssigen Phase. Auf das Dendritennetz bezogen, ist die Wärmeleitung in diesem höher als in der flüssigen Schmelze.



**Abbildung 1:** Abkühlkurven (rot und violett) und die dazu gehörige  $\Delta T$  Kurve (hellblau) bestimmen jeweils den Dendrite Coherency Punkt (1. Minimum von  $\Delta T$ ) und den Rigidity Punkt (2. Minimum der  $\Delta T$  Kurve). Mittels Projektion auf die Temperaturkurve erhält man so diese beiden charakteristischen Temperaturen ( $T_{DCP}$  und  $T_{Rigidity}$ ). Eingetragen mit den Speisungsmechanismen. [1, 4]

Die Speisungsanalyse SA800SN ermittelt zu jeder der 3 Übergangsphasen das prozentuale Speisungsmaß in Summe auf 100%.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass die Veredelung mit Strontium einen Einfluss auf den Rigidity Punkt ausübt. So sinkt die Rigidity Temperatur bei 150ppm Strontium um ca. 6°C. Direkt nach dem Stockpunkt ist eine Speisung nur durch eine Zerstörung des Dendritennetzes möglich und wird als Durchbruchspeisung bezeichnet. Dies kann nur über Drücke, wie den hydrostatischen Druck der Schmelze (z. B. Speiserhöhe), einen negativen Druck innerhalb des Gussteils (z. B. Kapillarkräfte) oder einen von außerhalb wirkenden Druck (z. B. Druckguss) geschehen. [1]

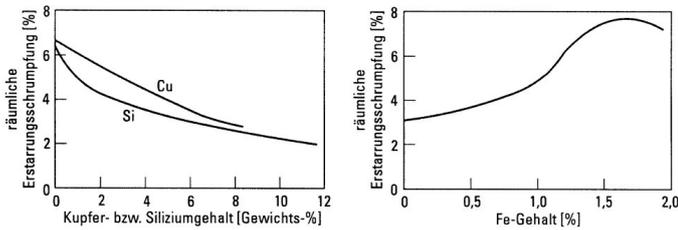
Die Kenntnis der Erstarrungsschrumpfung ist für die gießgerechte Auslegung von Bauteilen in der Entwicklungsphase von großer Bedeutung, denn diese Volumendefizite müssen durch gelenkte Erstarrung und Speisung kompensiert werden, um Fehler, wie erstarrungsbedingte Volumendefizite oder Warmrisse zu vermeiden. Über die Fehlerlage wird zwischen Innen- und Außendefizit unterschieden, wobei Innendefizite als Innenlunker bezeichnet und weiterhin durch ihre Größe in Mikro- und Makrolunker unterteilt werden. Außendefizite stellen offene Lunker bzw. Außenlunker oder Einfallstellen dar.

Die Ausprägung von Volumendefiziten wird durch das Temperaturfeld und den Erstarrungsablauf bestimmt, welches abhängig von Gießverfahren und Gusslegierung (Erstarrungsmorphologie) ist. Es ist zu beachten, dass die Summe aller Volumendefizite konstant bleibt und sich aus der Volumenkontraktion zwischen flüssiger und fester Phase ergibt. Somit ist die Zurückdrängung eines (unerwünschten) Volumenfehlers mit der Bildung eines anderen (bevorzugten) Volumenfehlers verbundenen. Bei Aluminiumlegierungen variiert die Erstarrungsschrumpfung in Abhängigkeit vom Legierungsgehalt. So sinkt das Gesamtlunkervolumen mit steigendem Zusatz an Kupfer, Magnesium und Silicium gegenüber dem reinen

# SPEISUNGS-ANALYSE

Anlage zur Bestimmung und Dokumentation des Speisungsvermögens von Aluminium-Legierungen

Aluminium. Bei Vorhandensein von Verunreinigungen, wie z. B. Eisen, nimmt das Gesamtlunkervolumen dagegen zu. Diese Veränderungen werden in Abbildung 2 gezeigt.



**Abbildung 2:** Links: Lunkerbildung (räumliche Erstarrungsschrumpfung) in Abhängigkeit von Cu- und Si-Gehalt; rechts: Lunkerbildung bei AlCu7 bei steigenden Eisengehalten. [2]

Das Verhältnis zwischen Außenlunkervolumen und Innenlunker- sowie Einfallstellenvolumen ist unter anderem abhängig vom Temperaturintervall der Erstarrung, Gießverfahren und der Veredelung durch Natrium oder Strontium. Zur Verdeutlichung zeigt Abbildung 3 den Einfluss des Sandgieß- gegenüber dem Kokillengießverfahren bei verschiedenen Aluminium-Legierungen.

Volumenfehler in %	Werkstoff									
	AlCu4		AlCu4TiMg		AlSi7		AlSi7Cu3		AlZn5Mg	
	S	K	S	K	S	K	S	K	S	K
Makroaußenlunker	18	54	41	48	11	30	25	51	36	56
Schwindung	38	41	25	38	37	35	18	37	33	37
Mikroporosität	10	1	13	4	10	6	28	11	10	1
Einfallstellen	34	4	31	10	42	25	29	1	21	6
S Sandguss K Kokillenguss										

**Abbildung 3**

## Speisungs-Analyse, Zusammenfassung & Ausblick

Wir haben die Entwicklung initiiert, um die klassische Thermische Analyse um Erkenntnisse und Daten zum Speisungsmaß der einzelnen Phasen zu erweitern und somit Ihnen wertvolle Informationen bereits bei der Gussteilauslegung zu Verfügung zu stellen! Die gewonnenen Ist- Messwerte werden im QS-Master zur weiteren Analyse zur Verfügung gestellt und können z.B. mit den Stoffdatenbanken der Simulation abgeglichen werden.

## Literaturverzeichnis:

- [1] W. Menk, M. O. Speidel, R. Döpp, Die thermische Analyse in der Praxis der Aluminiumgießerei, Giesserei, 79, 1992, Heft 4, S. 125 - 134
- [2] L. Henrichs, Gießigenschaften der Gußlegierungen am Beispiel der Aluminiumlegierungen, Giesserei, 77, 1990, Heft 23, S. 745 – 748
- [3] G. Drossel, R. Mai, Bedeutung und Probleme bei der Anwendung der thermischen Analyse für die Einschätzung der Schmelzenqualität von AlSi-Legierungen, 3. Duisburger Industrieofentage, Agst Verlag, Moers, 1995, S. 145-182
- [4] Gerhard Huber, Mile Djurdjevic, Die erweiterte Thermische Analyse mit Dendrite Coherence und Rigidity Punkt und deren mögliche Anwendungsgebiete, Giesserei Rundschau heft 5/6 61-2014 Seite 223ff.