

Jörg Baier, Marl

Zum Umlaufverhalten bentonitgebundener Formstoffe unter besonderer Berücksichtigung von Bentonit-Graphit-Systemen

Um die Maßhaltigkeit und Oberflächenbeschaffenheit von Gußstücken, die in bentonitgebundenen Formen hergestellt werden, weiter zu verbessern, ist es erforderlich, die Formen reproduzierbar mit hoher Gleichmäßigkeit zu fertigen. Die Kenntnis über das Verhalten der Bindetone in Umlaufsand ist hierzu besonders wichtig.

In den Industrieländern werden 65 bis 70 % der Gußteile in Sandformen aus tongebundenen Formstoffen gefertigt. Die Vorteile der Herstellung von Gußteilen in diesem Material sind

- niedrige Formstoffkosten: Sand, Bentonit, Kohlenstoffträger und Wasser sind vergleichsweise preiswerte Rohstoffe;
- geringer Materialverbrauch: Nur in den thermisch stark belasteten Bereichen in Gußstücknähe verliert der Bentonit seine Binfähigkeit und wird der Glanzkohlenstoffbildner zersetzt;
- hohe Produktivität: Die heutigen modernen Formverfahren lassen eine sehr schnelle Formherstellung zu;
- hohe Umweltverträglichkeit: Bentonit, Quarzsand und teilweise die Glanzkohlenstoffbildner bilden keine oder nur geringe Mengen Schadstoffe.

Auch künftig werden Gußteile vor allem in tongebundenen Formteilen abgegossen werden, da es gelingen wird, die Qualität der Gußteile (Maßgenauigkeit, Oberflächenbeschaffenheit, Fehlerfreiheit) zu verbessern und die Produktivität zu erhöhen. Dazu ist es notwendig, Sandformen reproduzierbar mit hoher Gleichmäßigkeit herzustellen. Ein Umdenken in der Aufbereitungs- und Formtechnologie der Sandsteuerung ist gefordert. Die bisherige vorbeugende Sandsteuerung wird durch die exakte Sandsteuerung durch Trennen von Kernsand und Umlaufsand angestrebt werden.

Die Kenntnis über das Verhalten der Bindetone in Umlaufsand muß vertieft werden. Untersucht man die Eigenschaften von Bindetonen in Neusandmischungen oder an den Tonen selbst und vergleicht die gemessenen Werte mit den Eigenschaften in Umlaufsand, so stellt man eine sehr hohe Diskrepanz fest. Es ist zu begrüßen, daß sich in letzter Zeit Forschungsarbeiten in Freiberg verstärkt mit den Eigenschaften von Bentoniten in Umlaufsand be-

fassen. Ein Ergebnis aus dem Gießerei-Institut der Bergakademie Freiberg [1] sei deshalb vorangestellt (**Tafel 1**). Bemerkenswert an den Gründruckfestigkeitswerten ist, daß bei einem Mischvorgang von 5 min Bentonit S und B höhere Festigkeiten als Bentonit G haben.

Auch an anderer Stelle werden die Grenzen der Bentonitbeurteilung in Neusandmischungen aufgezeigt. So weist Boenisch [2] auf die Unterschiede in der Festigkeit von bentonitgebundenen Formstoffen bei unterschiedlichen Vorbehandlungen hin. Er erreicht bei seinen Versuchen Festigkeiten zwischen 1 N/cm² bis 3 N/cm² bei gleicher Formstoffzusammensetzung und gleicher Verdichtbarkeit. Er weist nach, daß verschiedene Bentonite ein unterschiedliches Verhalten in Neu- und Umlaufsand zeigen.

Auch aus diesen Versuchen kann abgeleitet werden, daß Bentonite nur in Umlaufsand beurteilt werden können. Da bisher eine solche Beurteilung nur sporadisch durchgeführt wurde, gilt es, Kriterien für die Beurteilung von Bentoniten in Umlaufsand aufzustellen. Folgende Größen werden von uns zur Beurteilung vorgeschlagen:

- Aufschlußverhalten beim Mischen,
- Aufschlußverhalten bei Umlaufsandvorbefeuchtung,
- thermischer Verschleiß,
- Einfluß von Kernformstoffen (Gase, Dämpfe, Sande),
- Einfluß von Sandzusätzen,
- Regenerierverhalten.

Tafel 1. Thermische Beständigkeit und spezifische Binfähigkeit verschiedener Bentonite

| Bentonittyp | Spezifische Binfähigkeit* in N/cm ² | Abbrandrate a** in % | notwendiger Binderzusatz*** in % |
|-------------|---|-------------------------|-------------------------------------|
| B | 2,58 | 6,29 | 0,49 |
| C | 1,83 | 10,50 | 1,15 |
| G | 2,83 | 6,00 | 0,43 |
| S | 2,24 | 7,20 | 0,64 |
| BG | 1,50 | 8,50 | 1,13 |

* Die spezifische Binfähigkeit wird in N/cm²/% Bentonit angegeben. Diese Eigenschaft wurde an kumulativ aufbereiteten Sanden ermittelt. Die bentonitgebundenen Sande wurden so lange erneut aufbereitet, bis die größte Gründruckfestigkeit erreicht war.

** Der Abbrand wurde jeweils bei einem Eisen/Sand-Verhältnis von 0,25 ermittelt. Der Abbrand wurde in Verlust des Bindetongehalts in % angegeben. Ermittelt wurde der aktive Bindetongehalt durch Methylenblaubestimmungen. Der Bentonitgehalt der einzelnen Testsande war bei diesem Versuch auf ein unterschiedliches Niveau eingestellt worden, damit eine gewünschte Gründruckfestigkeit von 20 N/cm² erreicht wurde.

*** Der notwendige Binderzusatz war die Bentonitmenge, bezogen auf den Sand, die dem Umlaufsand zugesetzt werden mußte, um eine Gründruckfestigkeit von 20 N/cm² beizubehalten. Das Eisen/Sand-Verhältnis lag bei 0,25.

Dipl.-Ing. J. Baier, Leiter F & E Gießereihilfsstoffe, IKO-ERBSLÖH Industriemineralien und Kohlenstoffe GmbH & Co. KG, Marl.

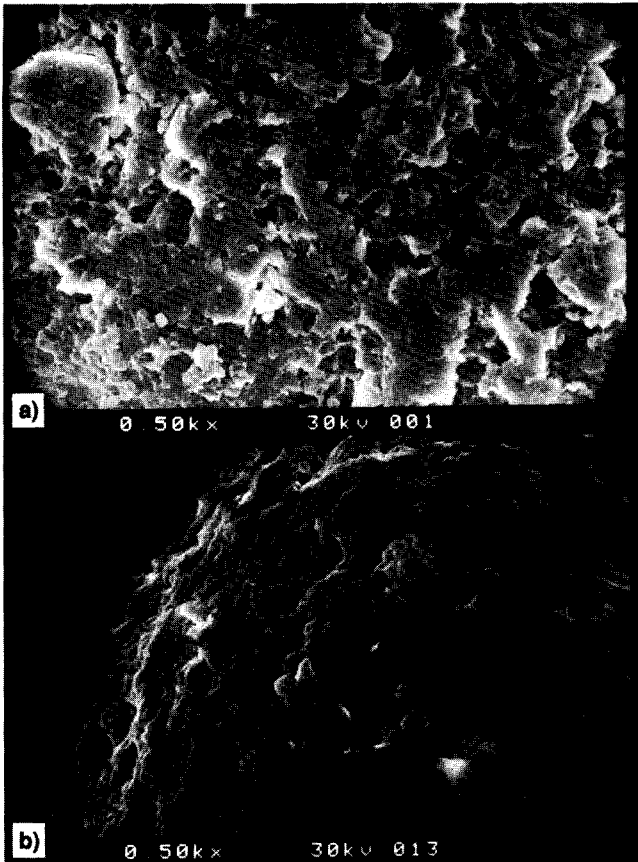


Bild 1. Sandkorn, mit Bentonit D (a) bzw. E (b) umhüllt

Aufschlußverhalten beim Mischen

Der Bentonit soll beim Mischen fein verteilt um die Sandkörner aufgetragen werden. Grobe Partikel sind zu vermeiden. Ebenfalls sind nicht auf den Sandkörnern aufgetragene Feinstoffe unerwünscht. Boenisch prägt hierzu den Ausdruck der Dispersität und meint das Auftragen feinverteilter Bentonitschichten auf die Sandkörner.

Auch hier gibt es in Umlaufsand nach langen Kollerzeiten noch ein unterschiedliches Verhalten. **Bild 1** zeigt

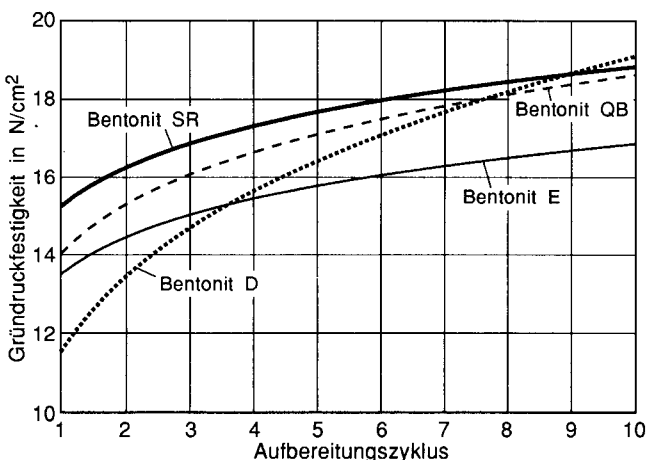


Bild 2. Umlaufverhalten verschiedener Bentonite hinsichtlich der Gründruckfestigkeit

nach 20 Umläufen die Umhüllung von Sandkörnern bei Einsatz von Bentonit D und Bentonit E. Bentonit D hat eine gröbere Primärteilchenstruktur. Dies ist auch nach 20 Umläufen noch deutlich erkennbar.

Die Gründruckfestigkeiten haben nach 10 Aufbereitungszyklen ihre Endgröße erreicht. **Bild 2** zeigt den Anstieg der Gründruckfestigkeiten verschiedener Bentonite, wobei Bentonit QB aus Bentonit D und Graphit durch gemeinsames Vermahlen hergestellt wurde. Erkennbar ist, daß nach dem 1. Aufbereitungszyklus die Beurteilung der tatsächlichen Bindefähigkeit nicht möglich ist.

Die Entwicklung der Festigkeiten in Umlaufsand hängt ebenfalls von den eingesetzten Mischertypen ab. Bei den Versuchen, die in Bild 2 wiedergegeben sind, wurde ein Kollergang benutzt. Werden hochtourige Mischer eingesetzt, steigt die Festigkeit schneller. Die erreichten Endwerte liegen allerdings nicht so hoch. Hohe Festigkeiten werden nur bei gut mit Bentonit umhüllten Sanden erreicht, und dies ist nur dann möglich, wenn der Altsand optimal vorbefeuchtet vorliegt.

Aufschlußverhalten von Umlaufsand

Unter Bentonitaufschluß ist das vollständige Belegen der Montmorillonitplättchen mit Wasser und das Aufweiten der Plättchen zu verstehen. Diese Eigenschaft ist zeitabhängig und eng mit dem Aufbau der Grünfestigkeiten und Plastizität gekoppelt. Zum Verständnis dieser Vorgänge ist ein Betrachten der Kristallstruktur des Montmorillonits unumgänglich. **Bild 3** zeigt die typische TOT-Plättchenstruktur des Montmorillonits (SiO_4 -Tetraeder = T; MeO_6 -Oktaeder = O). Beim Montmorillonit ist in den Oktaedern unregelmäßiger (isomorpher) Austausch des Aluminiums gegen Magnesium erfolgt. Die entstandene negative Ladung der Plättchen wird durch Anlagerung von Ca^{2+} -, Mg^{2+} - und Na^+ -Ionen auf den Plättchen kompensiert. Diese Ionen haben normalerweise eine Hydrathülle und trennen dadurch die Plättchen. Verlieren die Oberflächenionen ihre Hydrathülle beim Erhitzen, klappen die Plättchen zusammen. Die entstehenden Coulombschen Bindekräfte sind sehr groß. Zum Teil werden durch die Bindekräfte die Oberflächenionen in die Gitter der Tetraeder gezogen.

Die erneute Erweiterung des Abstandes der Montmorillonitplättchen ist bei genügendem Wasserangebot von der Größe der Plättchen, der Ladung je Elementarzelle und der Art der vorliegenden Ionen (Ca^{2+} oder/und Na^+) abhängig. Bei Na^+ -Ionenbelegung tritt die Aufweitung der Plättchen nach Hydratisierung aller Ionen, bei Vorliegen von Ca^{2+} -Ionen schon bereits dann, wenn ein Teil der Ionen hydratisiert ist, auf.

Für die Praxis bedeutet dies, daß der Bentonitaufschluß ein zeitabhängiger Vorgang ist und nur gering durch zusätzliche Mischerenergie beeinflusst wird. Beim notwendigen Altsandaufschluß gewinnt der Sand durch Wasserzusatz ohne Zusatz von Energie seine notwendige hohe Plastizität und Bindekraft. So steigt die Naßzugfestigkeit in vorbefeuchteten Altsanden noch nach 8 bis 10 h weiter an.

Eine Beeinflussung der Aufschlußgeschwindigkeit zeigt **Bild 4**. Der Anstieg der Naßzugfestigkeit kann als Maß für den Aufschluß gewertet werden. Eindeutig ist die Auf-

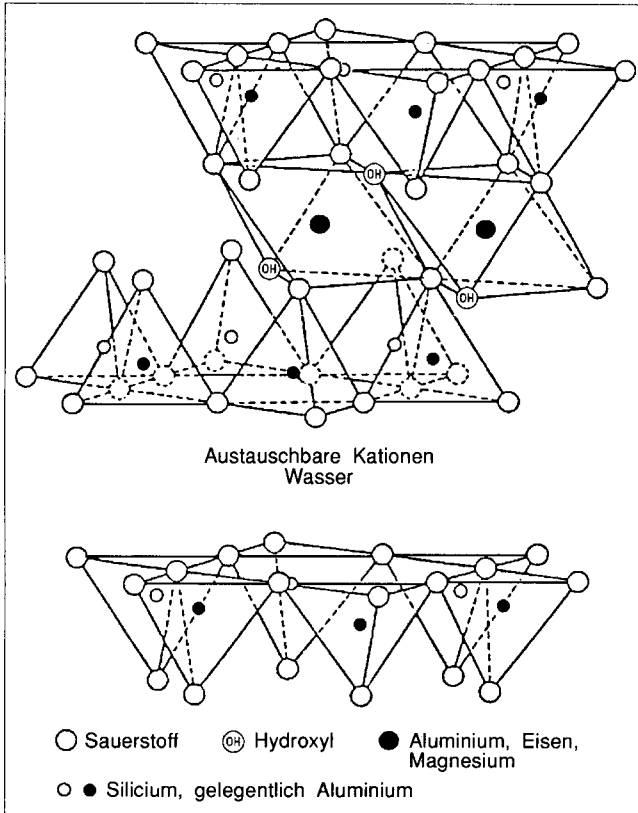


Bild 3. Struktur von Montmorillonit [3]

schlußgeschwindigkeit von Bentonit QB höher als von Bentonit D.

Thermischer Verschleiß

Der thermische Verschleiß eines Bentonits in Formsand ist von der Temperaturbelastung des Sandes beim und nach dem Gießen abhängig. Daneben sind von Wichtigkeit:

- die Teilchengröße: Je kleiner die Montmorillonitplättchen vorliegen, desto größer ist der Einfluß der thermischen Belastung;
- die Kristallstruktur: Eisen im Gitter senkt z. B. stark die thermische Stabilität;
- die Ionenbelegung der Plättchen: Eisen- und Magnesiumionen können durch Hydroxidbildung die Bindkräfte blockieren; Kaliumionen führen zu Illitbildung. Daneben spielen Reduktions- und Oxidationsvorgänge sowie Reaktionen mit Salzen eine Rolle bei thermischem Verschleiß.

Es wird klar, daß eine Beurteilung der thermischen Stabilität nur an Umlaufsanden gemessen werden kann. Versuchsergebnisse zur Ermittlung des thermischen Verschleißes zeigt **Tafel 2**.

In einem Versuch über 20 Umläufe wurden zu Beginn Formstoffmischungen aus 92 % Quarzsand und 8 % Binder eingesetzt. Bis zum 5. Abguß wurden je 0,8 % Bentonit zum Ausgleich des Bentonitabbrandes zugesetzt. Nach dem 5. Umlauf wurde angestrebt, eine Gründruckfestigkeit von 16 N/cm² zu erreichen und bis zum 20. Umlauf zur Ermittlung der Verschleißzahlen einzuhalten.

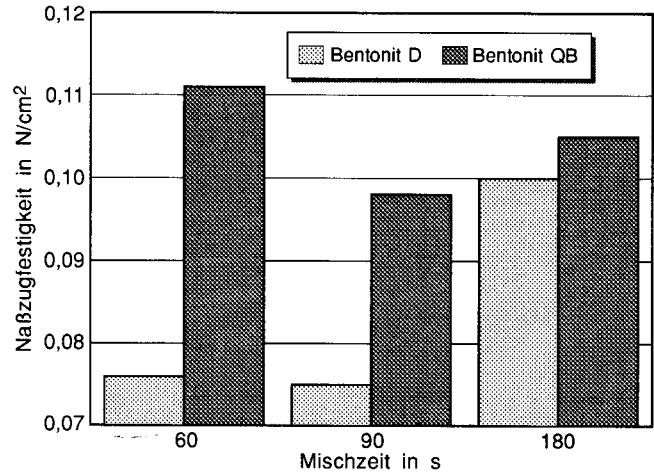


Bild 4. Naßzugfestigkeit als Maß für die Aufschlußgeschwindigkeit

Die thermische Belastung des Sandes war groß. Das Eisen/Sand-Verhältnis betrug 1: 3. Die Gußteile kühlten 3 h in der Form aus.

Einfluß von Kernformstoffen

Der negative Einfluß von Kondensaten, aber auch von einlaufenden Kernformstoffen auf die Festigkeiten ist gegeben. Manche Kernbinder haben einen sehr großen Einfluß. Boenisch [4, 5] zeigt auf, daß flüssige Kondensationsprodukte, die aus Cold-Box-Kernen freigesetzt werden, das Bindevermögen des Bentonits erheblich verschlechtern.

Auch zeigen betriebliche Kennzahlen von Umlaufsanden, daß einlaufende Kernformstoffe, in denen Kaliumionen vorliegen, zu einem erhöhten Bentonitverbrauch führen (**Tafel 3**).

Die Versuchsdurchführung war identisch mit den Versuchen in Tafel 2, wobei die Zahlen nach 10 Umläufen wiedergegeben sind. Auch hier wurde versucht, eine Gründruckfestigkeit von 16 N/cm² einzuhalten. Der Einfluß von

Tafel 2. Thermischer Verschleiß verschiedener Bentonite

| Bentonittyp | Bentonit-Zusatz in % | Grünzugfestigkeit in N/cm ² | Aktivtongehalt in % | Oolithierungsgrad in % |
|-------------|----------------------|--|---------------------|------------------------|
| D | 0,65 | 2,60 | 8,2 | 7,9 |
| E | 0,85 | 1,95 | 9,6 | 10,8 |
| QB | 0,65 | 2,55 | 8,2 | 7,9 |

Tafel 3. Einfluß von Kernformstoffen auf die Festigkeiten

| Formstoff auf der Basis von | Bentonit-Zusatz in % | Gründruckfestigkeit in N/cm ² | Grünzugfestigkeit in N/cm ² | Naßzugfestigkeit in N/cm ² |
|-----------------------------|----------------------|--|--|---------------------------------------|
| Quarzsand | 0,65 | 16,0 | 2,8 | 0,35 |
| Kernformstoff mit Phenolat | 0,80 | 14,6 | 2,5 | 0,23 |

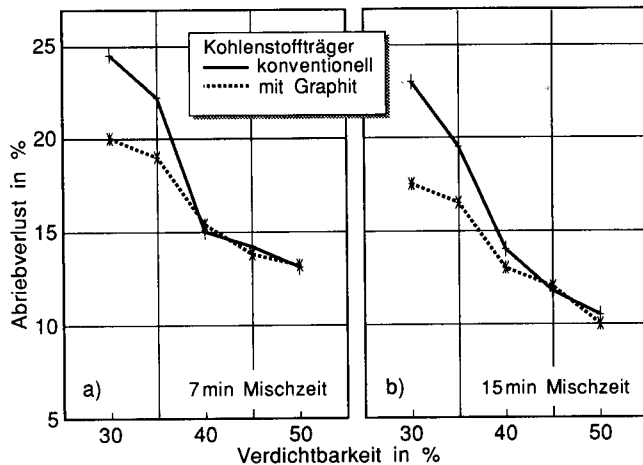


Bild 5. Erosionswiderstand bei 7 min (a) bzw. 15 min (b) Mischzeit

Kernformstoffen kann wie der thermische Verschleiß nur in Umlaufsand ermittelt werden. Untersuchungen dieser Art sind bisher kaum gemacht worden.

Einfluß von Formstoffzusätzen

Auch dieser Einfluß ist gegeben. Boenisch hat in einer frühen Arbeit den Einfluß von Steinkohlenstaub in Umlaufsand untersucht [6]. Auch durch Kondensationsprodukte aus dem Kohlenstoffträger in bentonitgebundenem Formstoff findet eine Verminderung der Festigkeitseigenschaften statt.

Der Einfluß von Graphit in Umlaufsand wurde beim Hersteller untersucht. Auch hier konnte eine Reihe von Änderungen festgestellt werden. Ein Formsand, der an Stelle von Bentonit mit einem Bentonit-Graphit-Gemisch gebunden wird, zeigt eine höhere Packungsdichte bei gleicher Verdichtungsarbeit. Die Unterschiede in der Packungsdichte nehmen mit steigender Anzahl der Umläufe zu. Die Fließfähigkeit des Formstoffs beim Verformen steigt also mit der Zahl der Umläufe. Dies läßt sich auch aus der Reduzierung des Abriebs (**Bild 5**) und der Verbesserung des Ausformungsverhaltens (**Bild 6**) ableiten.

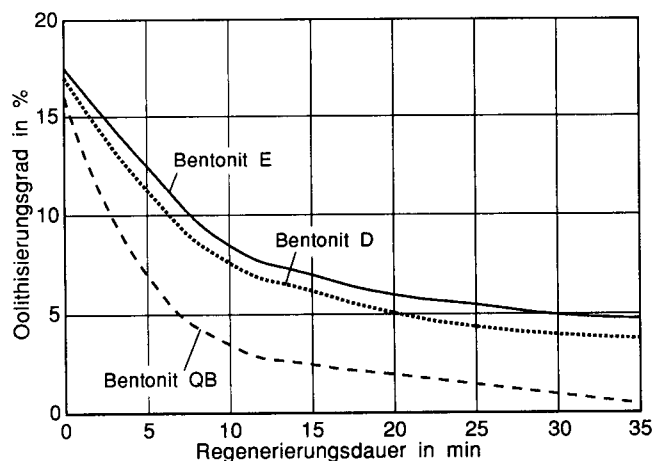


Bild 7. Weiche Regenerierung von Bentoniten

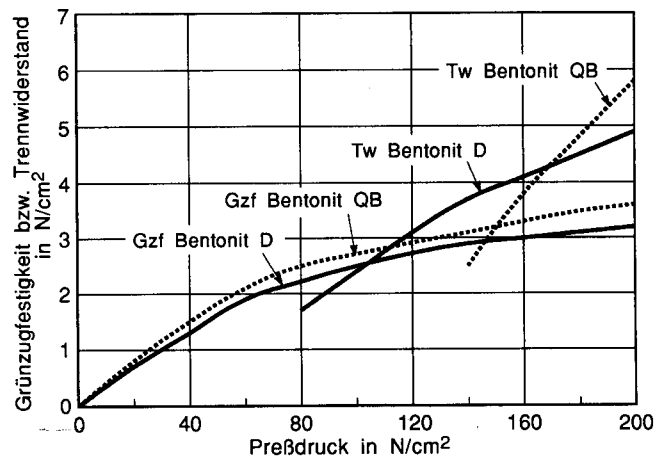


Bild 6. Entformbarkeit (5% Kohlenstoffträger, 8% Bentonit, 40% Verdichtbarkeit, 25 mm Ballenlänge)

Regenerieverhalten

Bei der Regenerierung von Kreislaufsanden entsprechend den Versuchen nach Tafel 2 zeigt sich ein gleiches Verhalten von Bentonit D und E. Erheblich besser regenerierfähig sind Umlaufsand, die Binder aus Bentonit/Graphit enthalten (**Bild 7**).

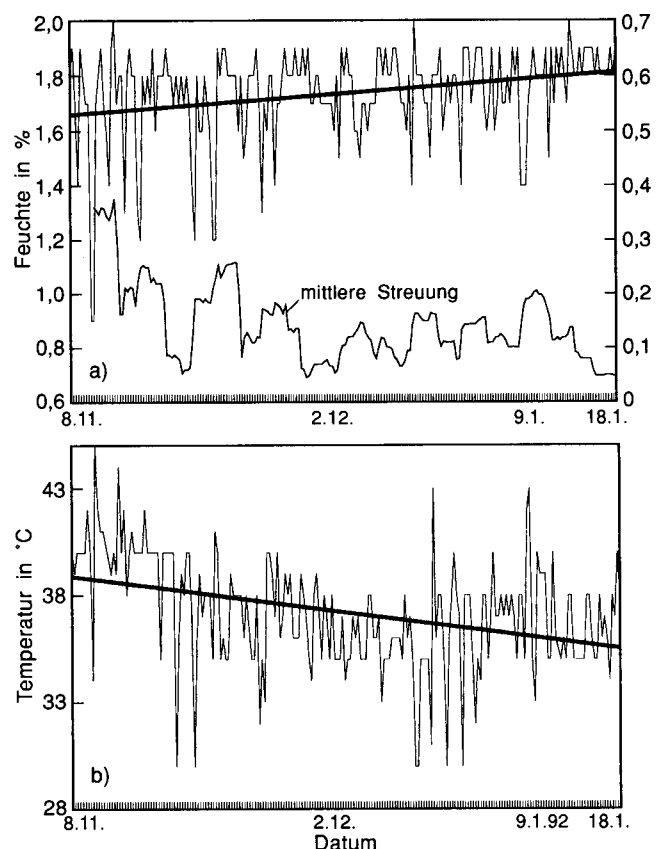


Bild 8. Beispiel aus einer Gießerei mit kastenloser Schieß-Preß-Formanlage: Verlauf der Feuchte (a) und der Temperatur (b) des Formstoffs, über 3 Monate gemessen

Die Eigenschaften von Bentoniten und anderen Bindemitteln in tongebundenen Formstoffen werden in Zukunft in Umlaufsand beurteilt werden. Nur dann lassen sich Verschleißzahlen, notwendige Bindegehalte, aber auch Formeigenschaften beurteilen.

Beispiele zur Beurteilung des Verhaltens von Bindern

Zum Abschluß sollen zwei Beispiele aus Gießereien aufgeführt werden, aus denen klar hervorgeht, daß man das Verhalten der Binder, in diesem Falle Bentonit QB, nur in Umlaufsand beurteilen kann.

Beispiel Gießerei 1:

In dieser Gießerei ist eine kastenlose Formanlage (Schießen – Pressen) im Einsatz. Es werden kernlose Gußteile hergestellt. Hier wurde eine erhebliche Reduzierung der Mischzeit nach Einführen eines Bentonit-Graphit-Systems möglich.

Ebenfalls konnten die Mengen an Bindemitteln und Kohlenstoffträgern merklich gesenkt werden. Von Wichtigkeit ist die Vergleichsmäßigung des Umlaufsandes am Auslauf aus der Kühltrommel. Die Feuchte nach der Ausleertrommel konnte auf einen konstanten Wert von 1,8 % eingestellt werden (**Bild 8**).

Dies ist ein Indiz für die schnellere Wasseraufnahme des Umlaufsandes und die dadurch bedingte Unabhängigkeit der Feuchte von atmosphärischen Bedingungen.

Beispiel Gießerei 2:

In dieser Gießerei werden Formen auf einer Vakuum-Preß-Formanlage hergestellt. Gemessen wurde die Formhärte bei gleicher Modellplattenbelegung vor und nach der Umstellung von Bentonit D auf Bentonit QB als Binder.

In allen Fällen sind deutlich der Anstieg und die Vergleichsmäßigung der Formhärte festzustellen. In dieser Gießerei wurden nach der Umstellung Gußteile mit besserer Konturenschärfe hergestellt. Die Mengen an Bindemitteln und Kohlenstoffträgern/t flüssiges Eisen konnten erheblich abgesenkt werden.

Alle Gießereien, die Bentonit-Graphit-Systeme oder diese Binder im Gemisch mit Kohlenstoffträgern einsetzen, berichten von einem schnelleren Aufschluß, gleichmäßigerer und höherer Formverdichtung, besserer Kanten- und Konturenschärfe, weniger Ballenabrissen, einer geringeren Sandaustrocknung sowie einer Verminderung des Bentonitverbrauches. Die Zusatzmengen von Bindemitteln und häufig auch Kohlenstoffträgern konnten gesenkt werden.

Schrifttum

- [1] Tilch, W.; Flemming, E.: Giesserei 79 (1992) Nr. 19, S. 779 – 886.
- [2] Boenisch, D.: Giesserei 80 (1993) Nr. 24, S. 817 – 826.
- [3] Baier, J.: Giesserei 78 (1991) Nr. 14, S. 501 – 506.
- [4] Boenisch, D.: Giesserei 64 (1977) Nr. 8, S. 207 – 212.
- [5] Boenisch, D.: Giesserei 64 (1977) Nr. 21, S. 549 – 554.
- [6] Boenisch, D.: Giesserei 54 (1967) Nr. 18, S. 465 – 471.