**УДК 621. 744. 45**

# DIE SYSTEMANALYSE DER GIEβFORMSTOFF- UND KERNFORMSTOFFSVERDICHTUNG

***Mambetaliev Tilek**, Kandidat der technischen Wissenschaften, Dozent, KSTU „I. Razzakov“, Prospekt T. Aitmatov 66, 720044 Bischkek, Kirgisische Republik, E-Mail: mtilek@mail.ru*

**Annotation.** Die Klassifikation dynamischer Verfahren der Verdichtung der Sand- und Kernformstoffe gemäß dem Prinzips und den Parametern des Impulsverfahren in Formstoffen. Der dynamische Prozeβ im System „Formstoff – Maschine“. Die Impulskraft in Formstoffen und ihre Komponenten. Sandschichtbeschleunigung – der einheitliche Parameter für die Untersuchung im System.

**Kennworten:** Gußstück, Formstoff, Kernstoff, der dynamische Prozeβ, Verdichtungsprozeβ, Impulsverfahren, Systemanalyse.

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ УПЛОТНЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

***Мамбеталиев Тилек Сасыкулович**, к.т.н., доцент, КГТУ им. И. Раззакова, Кыргызская Республика, 720044, Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66, E-Mail: mtilek@mail.ru*

**Аннотация.** На основе системного метода предлагается классификация методов динамического уплотнения литейных форм и стержней. Рассмотрены различные характеристики системы «формовочная смесь – машина» и динамические процессы при уплотнении. Предлагается единый параметр для анализа. Это импульс ускорений слоев смеси и элементов машины.

**Ключевые слова:** Отливка, Формовочная смесь, Стержневая смесь, динамический процесс, процесс уплотнения, импульсное уплотнение, системный анализ.

## Einleitun

Herstellung von Gußstücken in einem Sandformen war und es gibt eine sehr verbreitende Gißverfahren. Diese Verfahren erlaubt, die Gußteilen von verschiedenen Typgrößen mit niedrigsten Verbrauch erhalten. Dabei eine Haupttechnologische Prozess, der die Qualität von Gußteielen bestimmt, ist Formstoffverdichtung für die Herstellung von Gusformen. Der Formstoff stellt eine komplizierte System vor, das aus Quarzsandpartikeln besteht, das aus Bindemittel, Poren und einem kompliziertem physikalische-mechanischem Eigenschaften besitzt, die in dem Verdichtungsprozess gewechselt sind.

Moderne Erreichungen von Wissen und Technik erstattet in der Giesserei mit der Verwendung von verschiedenen Computerprogrammen nach aufgebende Gußstücken konstruiere, verschiedene Prozessen in dem Gießereisystem modelieren und eine exakte berechnungen durchführen. Jedoch die Aufgabe der schaffung von einheitliche System dem Prozeßmodellierung die Guss Herstellung in Sandformen zur Zeit stießt mit der Abwesenheit von einheitliche Theorie und glaubwürdige Modellen von Formstoffverdichtung Zusammenstoß, insbesondere bei dem verschiedenen Verfahren und bei verschiedene Regime der dynamischen Verdichtung. Die Aufgabelösung verwicklet sich (kompliziert, erschwert sich) auch wegen die Abwesenheit (für die diese Methoden) dem approbierenden und anerkennenden Methodik der Modellierung Sandstoffverdichtungsprozessen.

**Die Klassifizierung Verfahren der Kern-und Formstoffsverdichtung**

Die moderne Gießereiformmaschinen, im Regel realisiert die kombinierende Verdichtungsverfahren. Dabei verwendet sich einige Formverdichtungen auch für die Kernherstellung. Deshalb werden wir die Klassifikation von Verfahrenen und Regimen den Form und Kernstoffverdichtungen betrachten, die in der Industrie oder möglicheweise verwendet. Dabei ist dem erstem Merkmal der Klassifikation den Verfahren von Pressen (betrachtet uns als "Statistische Verfahren") bis Impuls, wie zur Zeit sehr moderne. Die Möglichkeit für die Kombinierung alle Verfahrenen mit einander kann sich nach der Zeit realisieren (gleichzeitig und nacheinander (konsequent, Schritt für Schritt, folgerichtig)) oder im Raum.

Die bestehenden Verfahren der Kern-und Formstoffsverdichtung können wir als System FS=<A1; A2> beschreiben,

wo A1=<$a_1^1$; $a_1^2$; $a_1^3$> die Belastung, welche:

$a_1^1$ - statistische; $a_1^2$dynamische; $a_1^3$kombinierte, sowie

A2=<$a_2^1$; $a_2^2$> Sandformstoffe, die eingeteilt in: $a_2^1$ Formstoffe; $a_2^2$Kernformstoffe.

Tabelle 1 zeigt die Varianten der Kern- und Formstoffverdichtungen gemäß der obigen Beschreibung.

Tabelle 1

| < A1, A2 > | | A2 | |
|---|---|---|---|
| | | $a_2^1$ | $a_2^2$ |
| A1 | $a_1^1$ | FC 1.1. Pressen (P);<br>Formstoffverfestigung (FH);<br>V- prozeβ (VP). | FC 1.2. Pressen (P);<br>Kernverfestigung (KH). |
| | $a_1^2$ | FC 2.1. Rütteln (R);<br>Impulsverdichtung (I). | FC 2.2 Rütteln (R);<br>Kernschieβen (KS). |
| | $a_1^3$ | FC3.1. Dynapuls (D);<br>Rütteln mit Pressen (R+P; RxP);<br>Vibrationspressen (VIP);<br>SEATSU<br>VP + Luft-Impact | FC 3.2. KS + KH. |

FC 1.1. - beschreibt alle Formstoffverdichtungsmethoden den Pressen (P) und die Vakuumprozessen (VP), und ebenfalls für die Erhaltung der fertigen Form auf Festigungswege (Verwendung von flüssigen und chemischen Festformstoffen).

FC 1.2. – beschreibt auch wie ist die Variante FC 1.1., außer V-Prozeβ, in Bezug auf Kernherstellung.

FC 2.1. - beschreibt die Formstoffverdichtung mit dem Rütteln und mit dem Impulsmethoden (I).

Die Impulsverdichtung ist mit dem AIR-IMPACT- Luft-Impuls und GAS-IMPACT- Gas-Luft-Verdichtung Methoden realisiert.

FC 2.2. - beschreibt Kernstoffverdichtung mit dem Rütteln und Sandstoßmethoden (KS).

FC.3.1. - beschreibt die verdichtungsmethoden bei der kombinierten Außerbelastungbeilage. Da sind die Methoden:

- Dynapuls (Hochgeschwindigkeitspressen) - (D);
- Rütteln mit weiteren Pressen (R+P);
- Rütteln mit gleichzeitigen pressen (RxP);Vibrationspressen (VIP);
- SEATSU ("leise" Luftimpuls mit weiteren Pressen).

FC.3.2. - beschreibt die Kernstoffherstellung mit dem Sandstoßverfahren, mit der weiteren Sicherung (Festigung) verschiedenen Art (Weise, Weg, Methode). (KS+KH).

Die Bereiche unserer Untersuchungen sind die dynamischen (FC 2.1) und die kombinierten (FC 3.1) Verfahren der Sand- und Kernformverdichtung, die zur Zeit umfangreich angewendet werden. Jedes von diesen Verfahren kann man Abhängigkeit von den gestellten Aufgaben weiter unterteilen. Unter Beachtung dieser Verfahrensklassifikationen soll der Verdichtungsprozeβ modelliert werden.

Dabei als wichtigsten Kriterien, die die Klassifikation bestimmt, nach Ideen von Prof. Belikov O.A. [1] ist das Prinzip Belastungsbildung, die den Formstoff verdichtet. Nach diesem Prinzip für die Untersuchungen können folgende Merkmalen betrachten:

- das Verfahren der Transportierung den Formstoffen in Formkasten;
- agregaten Zustand der Tragungsenergie;
- Übertragung der äußeren Belastung;
- Anfangszustand der Systems Elementen vor der Verdichtung.

Diese Verfahren können mit folgenden Bezeichnungen gekennzeichnet werden. DF=<B1; B2>, mit B1=<$b_1^1$; $b_1^2$; $b_1^3$> - der Charakter der äußeren Belastung, die kann sein:

$b_1^1$ - auf die freie Fläche der Form; $b_1^2$ - auf die untere Fläche der Form;

$b_1^3$ - in ganzem Volumen.

B2=<$b_2^1$; $b_2^2$> - die Bewegung des Formstoffes vor dem Verdichtungsprozess:

$b_2^1$ – nein $(v=0)$; $b_2^2$ – ja $(v\neq0)$; mit $v$ - die Geschwindigkeit der Formstoffschichten.

Tabelle 2. Zeigt am meisten verbreitende dynamische Methoden der Formstoffverdichtung:

Tabelle 2

| <B1; B2> | | B2 | |
|---|---|---|---|
| | | $b_2^1$ | $b_2^2$ |
| B1 | $b_1^1$ | DF 1.1. Dynapuls (D), GAS – IMPACT und AIR – IMPACT Verfahren | DF 1.2. |
| | $b_1^2$ | DF 2.1. Vibro-tionsschlagverdichtung | DF 2.2. Rütteln und Slingerverdichtung |
| | $b_1^3$ | DF 3.1. Seiatsuverfahren | DF 3.2. Sandblas- und Sandschißverdichtungen |

DF1.1. - beschreibt Hochgeschwindigkeitspressen und die Impulsmethoden der Formverdichtungen.

DF1.2. - beschreibt mögliche Methode der Formstoffverdichtung bei der äußeren Belastung auf freie Fläche der Form anwenden und Formschichtbewegung vor dem Verdichtungsprozess.

DF 2.1. - beschreibt die Methode der Vibrationsschlagverdichtung.

DF 2.2. - beschreibt den Rütteln und Slingerverdichtung.

DF 3.1. - beschreibt Seiatsuverfahren bis der Fertigpressen.

DF 3.2. - beschreibt die Sandblas- und Sandschißverdichtungen.

Die Beziehungen B1 und B2 bestimmen nicht nur die Anfangsbedingungen für die Lösung der Aufgaben, sondern auch das Prinzip der Belastung mit dem Ziel mathematischen Modellierung.

Die kombinierten Verfahren der Formstoffsverdichtung können klassifiziert als: FK=<C1; C2>,

wo C1=<$c_1^1$; $c_1^2$> - der Charakter der kombinierten Belastung:

$c_1^1$ - statische, $c_1^{2-}$ dynamische.

C2=<$c_2^1$; $c_2^2$> - das Prinzip der Kombinierung:

$c_2^1$ - gleichzeitige Aktion; $c_2^2$ - konsequente Aktion.

Tabelle 3

| <C1; C2> | | C2 | |
|---|---|---|---|
| | | $c_2^1$ | $c_2^2$ |
| C1 | $c_1^1$ | FK 1.1. RxP | FK 1.2. R+P; AIR–IMPACT+P; Sandblas + P |
| | $c_1^2$ | FK 2.1. | FK 2.2. Doppel-Impuls -Verfahren |

Die Methoden FK 1.1., FK 1.2. und FK 2.2. beschreiben die bekannte Verdichtungsmethoden des Formstoffes. Für die methode (das Verfahren FK 2.1) folgt anzumerken, sollen wir anstreichen, daß so in der Klassifikation (Tabellen 1, 2, 3) nur sehr bekannte Verdichtungsverfahrenen eingefühgen sind, daß keine Ausnahme mit anderem Verfahren verdoppelt hätten, z.b. auf Patentennivea usw, wenn sie alle Klassifikationskennzeichen haben, die entsprechend mit der Untersuchungsaufgabe aufgenommen sind.

**Die Prozesse in Formstoffen bei der Impulsverdichtung (Wellenzugang)**

Bei der dynamischen Verdichtungsverfahren des Formstoffes, wie die früher in der Klassifikation den Verfahren vorgestellt sind, sind als das wichtigste Merkmalen des Systems wird der Charakter der Beilage der äußeren Belastung und der Zustand des Formstoffes vor der verdichtung wird. Die Entstehung von der Abweichungen in dem Verdichtungsschicht, ihre Verbreitung (Ausdhenung), sowie der Charakter der entstehende Strömungen nach der Abweichungen (der Nahme ist vereinbart), die zur Stoffverdichtung versetzt, sind die Objekten für die weitere Betrachtungen.

Die Abweichungsverbreitung im Formstoffen können mit dem Kraftübergabe den Kontakten zwischen den Hartpartikeln des Formstoffes oder mit den anderen Kräften verträlich binden, die auf das Formstoffpartikel handelt.

Dann das System, das der Dynamik den Prozessenin dem Schicht bei der Verdichtung beschreibt, kann als DP = <D1;D2> vorgestellt.

Wo D1 =<$d_1^1$;$d_2^2$> - die Anwesenheit von der Berührungskraft zwischen Hartpartikeln des Formstoffes, die können sein:

$d_1^1$ - nein, $d_1^2$ - ja

D2 = <$d_2^1$;$d_2^2$> - Primäre Zustand des Formstoffes, der charakterisiert als

$d_2^1$ – Nein *(v = 0)*, $d_2^2$ – Ja *(v≠0)*,

wo *v* - Partikelgeschwindigkeit des Formstoffes.

In der Tabelle 4 haben die Hauptprozessen vorgestellt, in denen Abweichungsverbreitung in dem obenen betrachtende System charakterisieren kann.

Tabelle 4

| <D1;D2> | | | |
|---|---|---|---|
| | | $d_2^1$ | $d_2^2$ |
| | $d_1^1$ | DP 1.1. | DP 1.2. |
| | $d_1^2$ | DP 2.1. | DP 2.2. |

Die Variante DP1.1. charakterisiert Sandblas- und Sandschießprozessen auf die Transportierung des Stoffes in den Formkasten oder kernkasten, sowie SEIATSU Prozess in der Vorverdichtungsetape. Dabei vermutet, dass die Kräfte bei der Kontakten zwischen Hartpartikeln des Formstoffes entweder fahlen (abwesend sein) oder jedem Schnitt sehr klein im Vergleich zu der Kräfte sind, (für den betrachtende Prozessen) die von dem Luft uaf die Partikeln des Formstoffes wirkt.

Die Variante DP1.2. hat keine Analogen inmitten zwischen den verbreitenden Prozessen der dynamischen Verdichtung des Formstoffes.

Die Variante DP2.1. kann den Prozessen bei den Impulsverfahren der Verdichtung (GAS-IMPACT und AIR-IMPACT) charakteresieren. Dabei vermutet, dass die Hauptkräfte über den Kontakten zwischen Formstoffpartikeln übergeben (überreichen), und die Kräfte, die von dem Gas oder von dem Luft auf die Formstoffpartikeln wirken, abwesend sein (fehlen) oder sehr kleine im Vergleich zu den Kontakten.

Am meisten der charakteristische Prozess für die Variante DP.2.2. ist das Rütteln, wann die alle Formstoffpartikeln vor dem Stoß eine Primäre geschwindigkeit haben und während der Stoffzusammenwirkung die Disturbation (der Störimpuls) in dem Formstoffe ensteht, der über Kontakten zwischen Formstoffpartikeln überträgt.

Augenfällig, dass die reale Prozesse mehr mal kompliziert und dabei können die folgende oder parallel alle oben betrachtende Fälle verwenden.

Werden wir die Kräfte, die bei der Verdichtung in Formstoff wirken, behandeln, für die oben betrachtenden Varianten. Für die Fälle der Kraftabwesenheit in dem Kontakten zwischen Formstoffpartikeln (die Variante DP1.1 und DP 1.2) die Verdichtung wird mit der Kräfte bestimmen, die von der Seite den Luft zu den Formstoffpartikeln ($P_R$) beigelegt. Die Anwesenheit den Kontakten wird warscheinlich bis der eindeutige Limit auf die Werte $P_R$ beeinflussen werden, danach, während der Verdichtung des Formstoffes, der Verdichtungsprozess kann mit der Kontaktenkräfte bestimmen. In dem Fälle der Bewegungsbetrachtung des einzelnen Partikeln in dem Luftströmung sowie sind die Kräfte den aerodynamischen Widerstand $F_A$ und die archimedische Kräfte $F_{AD}$ notwendig zu bestimmen, die mit dem Gradienten dem Luftdruck auf die Partikelen Fläche gebunden.

Bei der Vorstellung der Formstoffsbewegung in dem Formkasten als eine ganze Massive (Feld) , die bei der Bewegung verdichtet, die Kontaktenkräfte (die Variante DP 2.1 und DP 2.2.)

können wir nach der Analogie [2] der mittelartige normale Spannung $\sigma$, der Sandschnitt des Formstoffes bezogen und der mittlere gültige Spannung $\sigma_u$, der zur Kontaktenfläche bezogen.

Dabei die völlige Beschreibung den Verdichtungsprozess tragt die Abhängigkeitsgestaltung $\sigma$ von Dichte $\rho$ oder Porosität $m$, die mit dem Deformationscharakteristik des Formstoffes bestimmt wird.

Die Störung Verbreitung in dem Formstoffe bei dem dynamischen Methoden der Belastung tragen der Wellen Charakter. Jedoch gibt es derzeit lediglich keine ungefähre Dataein nach den Parametern und den Wellenverhalten, die in dem Formstoffen bei dem verschidenen dynamischen Verdichtungsverfahren. Inzwischen wahrscheinlich, dass die Wellenbetrachtung bei der dynamischen Verdichtungsbehandlung in dem Formstoffe verbreitet unsere Vorstellung über den Verdichtungsprozess und erstattet viele Ergebnisse der Untersuchungen erklären.

Für die existierenden Systeme der dynamischen Verdichtung des Formstoffes gibt es alle Ursachen zur Vermutung, dass in dem verdichteten Formstoff wir ein Ding mit kontinuierlichen Wellenkompression, in dem die Parametern allmählich vergrößert. Die Hauptcharakteristiken solcher Wellen, die in verschiedenem Punkten verdichtetem Formstoffes bestimmen sollen, sind:

- der Druck im Gerade - und Seitrichtungen $P_1(t)$ und $P_2(t)$;
- die Geschwindigkeit der Partikeln in der Richtung Wellenausdehnung $u$. Dabei ist die Spannung in der Welle gleich

$$\sigma_1 = - P_1 \text{ und } \sigma_2 = - P_2 \qquad (1)$$

Nach diesem Zusammenhang befindet sich der Hauptparameter der Welle

1. Der maximale Spannungswert sind $\sigma_{1\,max}$, $\sigma_{2max}$;
2. Die Einwirkungszeit der Welle T;
3. Der maximale Wert der Bewegung $(s_{max})$, der Geschwindigkeit $(v_{max})$ und der Beschleunigung $(a_{max})$ den Formstoffpartikeln.
4. Wellenimpuls

$$I_1 = \int P_1(t)dt \text{ und } I_2 = \int P_2(t)dt, \qquad (2)$$

wo sind die Integrationsbegrenzung von der Anfang den Druckanstieg in diesem Punkte bis seinen Absinken bis den Primäre Wert gewält.

Sowie sollen (gewöhnlich experimentell) bestimmen:

1. Die Zeit den Druckanstieg bis Maximum - $\tau_{max}$;
2. Die Geschwindigkeit den Wellenfront (die Geschwindigkeit der Erregungsverbreitungen) - $D$.
3. Die Geschwindigkeit der maximalen Druckverbreitung – $D_{max}$.

Sowie vermutet, dass in dem exestiertem systemen der dynamischen Verdichtung des Formstoffes, das Wellendruck flach ist. Dann ist nach der [3] in einigem Gebiet nähere von den Druckzentrum und das Abkippen des Formstoffes geschiet ohne mögliche Seitendruck oder Entwicklungen, d.h. in der Bedingungen der einachsigen deformierenden Zustand. In dem Abschnitt, zu dem Wand des Formkasten nah, auf der Druckwelle setzt die vakuumwelle (Unterdruckwelle) auf, die von Formkastenwand gegangene, die die wirkung zum Druckabfall bringt, d.h. die Spannungen. Das bedeutet, dass der Verdichtungsgrad ist. Die Welle bei der Formkastenwand hört flach sein auf. Die Komplizierung des Wellenbild bei der Verdichtung des Formstoffes bewirkt auch vielfachen Wellenwiederspiegelung von dem Modelplatten und frei Formenflach. Die Änderung der Dichte des Formstoffes bei dem Verdichtungsprozess erregen auch die Parameteränderungen der Wellen, so wie Verbreitungsgeschwindigkeit und ihre Wirkungsdauer.

Die wichtigste Frage, die bei der Untersuchung der Verdichtungsprozess des Formstoffes nötig betrachten (benötig zu betrachten), sind der Filtrationsprozessen – das die Filtration der Innerporen Luft und die Filtration des GAS, Luft Stoffes und der Luft bei der Impulsverfahren der Verdichtung. Das ist nicht ausgeschlossen, der Wellencharakter den Durchgang den Filtrationprozessen.

**Literaturverzeichnis**

1. Беликов О.А. Системно-структурный метод анализа и синтеза способов формовки. – В кн.: Развитие методов и процессов образования литейных форм. М., 1977, с. 87-93.

2. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1977, – 510 с.

3. Вербицкий В.И. Анализ эффективности встряхивающих формовочных машин путем имитационного моделирования. – Литейное производство, 1985, №11, с. 26 – 28.

4. Mambetaliev T. S., Belikov O. A. Dynamic Processes in the Moulding Sand Mixture under Impact Load and Possibilities of Increasing the Efficiency of Mould Compacting (in Czech), Slevarenstvi, №2, 1990, p. 65-71.

5. T. S. Mambetaliev. The mechanism of compacting a molding mixture under the impulsive loading (in English). Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана № 5, Бишкек, 2015, с. 47 - 52.