

Plastizitätsmessung mit PEN CHECK I und PEN CHECK III

Über den Begriff der Plastizität bzw. Messung der Plastizität keramischer und verwandter plastischer Massen finden sich in der einschlägigen Literatur interessante, teilweise relevante und häufig kontroverse Beiträge, was möglicherweise zu der sarkastischen Bemerkung „Plasticity is like honesty: It is hard to define, but is associated with certain properties.“ des renommierten englischen Rheologen Scott Blair führte.

Seit diesem sarkastischen Statement von Mr. Blair hat sich die Auffassung weitgehend durchgesetzt, dass es sinnvoll ist, zwischen zwei unterschiedlichen Plastizitätswerten zu differenzieren.

Dem Deformationsdruck (N/mm²) und der Zerreißfestigkeit (N/mm²).



Messung des Deformationsdrucks



Prüfen der Reißfestigkeit

Unter dem **Deformationsdruck** verstehen wir die Kraft, die notwendig ist, mit Stiften/Nadeln unterschiedlicher Geometrie die plastische Masse zu penetrieren – daher der gängige Name „Penetrometer“ für ähnliche Geräte.

Unter **Zerreißfestigkeit** verstehen wir die Kraft, die notwendig ist, eine keramische Masse, z.B. einen Strang definierten Querschnitts, zu zerreißen.

Deformationsdruck einerseits, Zerreißfestigkeit andererseits beschreiben demnach unterschiedliche Merkmale der verformten plastischen keramischen Masse. Wird für Produkt X im Hinblick auf das Handling nach der Formgebung ein hoher Widerstand zur Vermeidung von Deformationen am Produkt erwartet, ist eine hohe Zerreißfestigkeit für Produkt Y von größerer Relevanz.

Im Folgenden wird dargestellt, wie der Deformationsdruck mit PEN CHECK I und PEN CHECK III ermittelt wird und inwiefern sich die beiden Geräte unterscheiden. Bis heute existiert trotz vieler Bemühungen unserer Ansicht nach kein Gerät, mit dem sich die Zerreißfestigkeit präzise ermitteln lässt. Erfolgsversprechende neue Ansätze sind „auf dem Weg.“

Ermittlung des Deformationsdrucks mit PEN CHECK I



PEN CHECK I, Typ CFG

Penetrometer zur manuellen Handhabung

- digitale Anzeige
- Messwertanzeige in kg, N, kN, oz, lb
- interner Speicher
- RS 232-Schnittstelle zur Datenübertragung
- Datenübertragung mit optionaler Software
- Penetrationsnadeln verschiedener Geometrien verfügbar
- Genauigkeit $\pm 0.5\%$
- Messbereich 0 - 200 N
- Gewicht 200 g

Beim PEN CHECK I, Typ CFG handelt es sich um ein hochwertiges kalibriertes Gerät zur manuellen Handhabung. Ausgerüstet mit einer gut lesbaren digitalen Anzeige und der Möglichkeit, die detektierten Werte in verschiedenen Einheiten – kg, N, kN, oz, lb – anzuzeigen und zu speichern.

Um die gemessenen und gespeicherten Daten zu implementieren, verfügt das PEN CHECK I über eine RS 232-Schnittstelle. Spezielle Software kann als Option angeboten werden.



Verschiedene Penetrationsnadeln

Je nach Applikation und Masse stehen unterschiedliche Penetrationsnadeln zur Verfügung.

Die Eindringtiefe von ca. 7 Millimetern ist auf den Penetrationsnadeln markiert, kann jedoch je nach Applikation variiert werden.

Entscheidend für die Geometrie der Nadeln ist auch die Korngrößenverteilung und Korngröße der Partikel und Agglomerate. Bei Massen mit grobem Korn wie etwa Feuerfestmassen sind konische Nadeln zu empfehlen, um eine „Kollision“ zwischen groben Korn und zylinderförmiger Nadel auszuschließen, was in Folge der „dragging effects“ zu verfälschten Messwerten führen kann.

Da der gemessene Deformationsdruck nicht nur von der Plastizität der plastischen Masse abhängt, sondern auch von der Geometrie der Penetrationsnadeln sowie der Geschwindigkeit und Tiefe der Penetration, d.h. von der manuellen Handhabung des Geräts, ist es wichtig darauf zu achten, möglichst identische Penetrationsgeschwindigkeiten und -tiefen zu realisieren bzw. aus mehreren Messungen einen Mittelwert zu bilden.

Ermittlung des Deformationsdrucks mit PEN CHECK III



PEN CHECK III

Penetrometer für Labor und In-situ-Messung

- Kraftmessgerät AFG für Kräfte 500 - 25000 N
- Kraftmessgerät abnehmbar zur manuellen Messung
- motorischer Prüfstand zur präzisen Vorwahl für Eindringtiefe und Eindringgeschwindigkeit
- druck- oder wegbasierte Messung der Deformationskraft
- geeignet für Druck- und Zuguntersuchungen
- interner Speicher
- Schnittstelle zur Datenübertragung

Das PEN CHECK III wurde sowohl für das Labor als auch für In-situ-Messungen am Extrudat entwickelt. Es besteht aus dem Kraftmessgerät AFG – lieferbar für Kräfte von 500 bis 25000 N – und dem motorischen Prüfstand, mit welchem die Tiefe und Geschwindigkeit der Penetration der Nadeln präzise vorgewählt werden können. Die Fehlermöglichkeit durch unsachgemäße Handhabung ist durch diese Möglichkeiten ausgeschlossen. Wie beim PEN Check I stehen Nadeln unterschiedlicher Geometrie zur Verfügung.



Gerät zur Vorbereitung von Masse-Proben



Klammer zur Stabilisierung der Probe

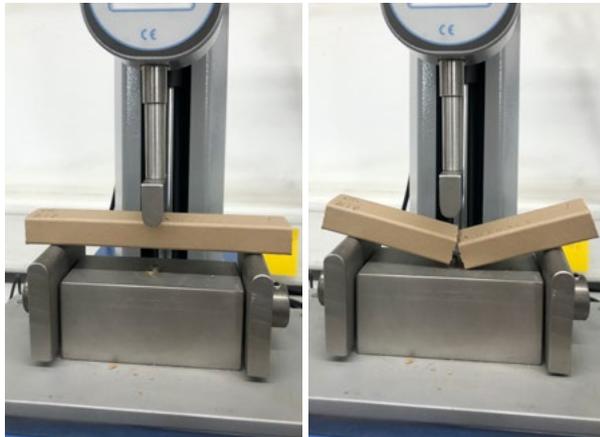
Dass die Ermittlung realer Plastizitätswerte repräsentative Proben voraussetzt sowie eine sorgfältige Vorbereitung der Proben, wird als selbstverständlich erachtet. Ein Gerät, welches die Vorbereitung von einwandfreien Proben erleichtert, wird von uns angeboten.

Die Genauigkeit der Messung kann erhöht werden, wenn die Probe durch eine Klammer dreiseitig umschlossen wird, um zu verhindern, dass Masse durch den Druck der Nadel aus der Probe austritt, um ferner zu garantieren, dass durch eine Querdehnung die Probe deformiert und damit die Voraussetzungen für einen triaxialen Spannungszustand zu schaffen.

Auch die Klammer wird von uns als Option angeboten.

frank händle transfer

Die Messung der Deformationskraft kann mit dem PEN CHECK III sowohl druck- als auch wegbasiert durchgeführt werden. Wegbasiert heißt, dass sich über die Eindringtiefe die jeweiligen Drücke generieren und protokollieren lassen. Druckbasiert heißt, dass z.B. die Penetrationsnadel soweit eindringt, bis ein vorgegebener Druck erreicht wird.

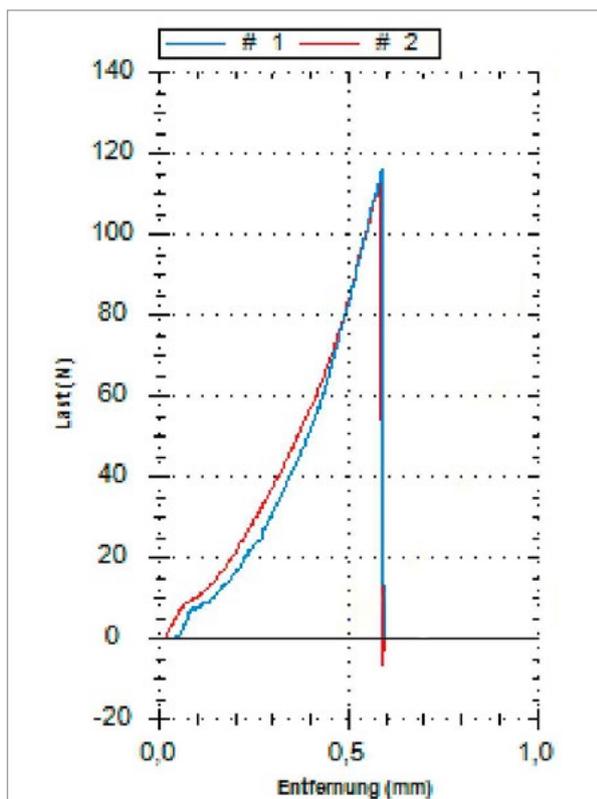


Messung der Biegefestigkeit an getrockneten Proben mit PEN CHECK III

Insofern ist das PEN CHECK III mit den verfügbaren Softwareoptionen auch für weitere Druck- und Zuguntersuchungen ein höchst interessantes Gerät, wie zum Beispiel zur Messung der Biegefestigkeit an getrockneten Proben.

Da die Kraftmessgeräte vom Typ AFG für Kräfte bis 2500 N lieferbar sind, können auch Festigkeitsprüfungen an gebrannten Proben oder Produkten mit dem PEN CHECK III durchgeführt werden.

Prismen in unterschiedlichen Versionen, d.h. an die spezifischen Probekörper angepasst, können von uns entwickelt und bezogen werden.



Messung bei voreingestelltem Druck

Bei diesem Versuch handelt es sich um eine wegorientierte Messung. D.h. der Weg, sprich die Biegung, wird gemessen, bei welchem Druck die Probe bricht.

Im vorliegenden Fall wurde geprüft, ob die getrocknete keramische Probe mit einer Kraft von 100 N belastet werden kann und welche Durchbiegung sich bei einer Kraft von 100 N ergibt.

Wie in der nebenstehenden Grafik zu sehen ist, kann die Probe mit einer Kraft von 100 N belastet werden, entsprechend einer Durchbiegung von 0,55 Millimeter. Eine Belastung der Probe von ca. 115 N und einer Durchbiegung von ca. 0,6 mm führen zum Bruch der Probe.

Für weitergehende Informationen und Literatur zum Thema Plastizität keramischer Massen wird hingewiesen auf den Artikel: F. Händle, K. F. Laenger: „Die Messung der Plastizität keramischer Massen-Teil 1“. In: cfi 2/2021 sowie Kapitel 6 „Plasticity or the great unknown“ aus meinem Buch „The art of Ceramic Extrusion“, SPRINGER, 2019