

INFOBLATT No. 1

Glossar für Memory-Metalle aus NiTi

A_f -Temperatur: Die Temperatur, oberhalb der die Phasenumwandlung des Martensits in den Austenit während der Erwärmung abgeschlossen ist.

Aktor: Antrieb oder Stellelement aus einem Memory-Metall, welches in der Lage ist, bei Erwärmen und Abkühlen durch die Phasenumwandlung Arbeit zu verrichten. Stellweg und Stellkraft beeinflussen sich dabei gegenseitig.

A_{peak} - oder A_p -Temperatur: Die Temperatur, bei der die Phasenumwandlung des Martensits in den Austenit während der Erwärmung ihre maximale Wärmeaufnahme erreicht. Dieser Wert läßt sich meßtechnisch in einer DSC-Anlage eindeutiger feststellen als die start- und finish-Temperaturen und wird daher häufig verwendet. Der praktische Nutzen dieser Angabe ist jedoch etwas geringer.

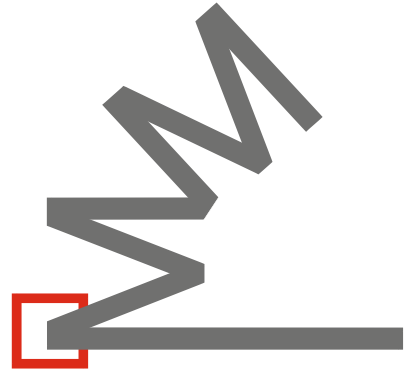
A_s -Temperatur: Die Temperatur, bei der die Phasenumwandlung des Martensits in den Austenit während der Erwärmung beginnt.

Austenit: Kristallographische Bezeichnung der Hochtemperaturphase eines Memory-Metalls, die sich bei Überschreiten der A_s -Temperatur zu bilden beginnt. Oberhalb der A_f -Temperatur ist dieser Prozeß abgeschlossen.

Biokompatibilität: Allgemeiner Ausdruck, der die Eignung eines Werkstoffs im menschlichen Körper und in den körpereigenen Fluiden charakterisiert. Die „Bioverträglichkeit“ hängt jedoch stark von der jeweiligen Anwendungssituation und der Gesamtheit der Umstände ab und ist für die Memory-Metalle nicht allgemeingültig zu beantworten. Allgemein gelten die Memory-Metalle auf NiTi-Basis jedoch als sehr gut biokompatibel.

DSC (Differential Scanning Calorimetry): Die DSC-Messung dient der Charakterisierung eines Memory-Metalls insbesondere hinsichtlich der Umwandlungstemperaturen. Bei diesem Verfahren wird die spezifische Wärmeabgabe des Werkstoffs gemessen, die sich bei Beginn und Ende der Phasenumwandlung mehr oder weniger stark ändert. Insgesamt ist die DSC-Messung das genaueste und daher sehr weit verbreitete Verfahren zur Bestimmung dieser wichtigen Werte.

Einweegeffekt (oder „thermischer Memory-Effekt“): Der Einweegeffekt tritt in einer Memory-Legierung immer dann auf, wenn der Werkstoff unterhalb seiner M_s -Temperatur verformt wird. Die dabei auftretende Verformung ist nur scheinbar plastisch, denn bei nachfolgender Erwärmung über die A_s -Temperatur tritt das thermische Formgedächtnis auf und der Werkstoff kehrt in seine Ursprungsform zurück. Bei dieser Formänderung verrichtet der Werkstoff Arbeit und kann daher als Stellelement



oder *Aktor* eingesetzt werde. Das nachfolgende Abkühlen in den *Martensit* verursacht normalerweise keine weitere Formänderung.

Hysterese: a) thermische Hysterese

Die thermische Hysterese bezeichnet in der Regel die Differenz zwischen der A_{peak} - und der M_{peak} -Temperatur. Sie tritt bei Durchlaufen der Umwandlung auf und kann von einer Vielzahl an Parametern beeinflusst werden (*thermomechanische Behandlung* der Werkstoffe, Last, Zyklenzahl, etc.).

b) mechanische Hysterese

Die mechanische Hysterese tritt bei der Belastung eines Memory-Metalls durch eine äußere Spannung auf, wenn der Werkstoff sich oberhalb der *A_F-Temperatur* befindet. Zunächst wird beim Belasten das Memory-Metall eine hohe Dehnung zeigen, die dann beim Entlasten wieder ohne Änderung der Temperatur zurückgeht. Die beim Verformen aufzubringende Kraft ist höher als die beim Entlasten frei werdende Kraft.

Martensit: Kristallographische Bezeichnung der Tieftemperaturphase eines Memory-Metalls, die sich bei Unterschreiten der *M_s-Temperatur* zu bilden beginnt. Unterhalb der *M_F-Temperatur* ist dieser Prozeß abgeschlossen. Der Martensit kann jedoch auch aus dem *Austenit* durch Einwirken einer äußeren Spannung gebildet werden, was mit einer hohen Dehnung, der *Superelastizität*, verbunden ist.

NiTiNOL: Gebräuchlicher, nicht geschützter Handelsname für Memory-Metalle aus der Familie der NiTi-Legierungen.

Phasenumwandlung (hier: martensitische PU): Physikalischer Mechanismus, der den Memory-Effekten zugrunde liegt. Beschrieben wird damit die Bildung von *Martensit* durch Kühlen oder Belasten mit äußeren Kräften aus dem *Austenit*.

R-Phase: Zustand, der sich in Memory-Metallen unter bestimmten Bedingungen als Vorstufe des *Martensits* bilden kann und mit Anomalien verschiedener Eigenschaften einhergeht. Die R-Phase besitzt zwar eine sehr kleine *Hysterese*, jedoch ist auch das Arbeitsvermögen äußerst gering.

Superelastizität: Häufig auch als „gummiartiges“ Verhalten der Memory-Metalle beschriebene Eigenschaft, die oberhalb der *A_F-Temperatur* auftritt und mit einer starken elastischen Verformung des Metalls einhergeht. Eine Temperaturänderung ist nicht erforderlich, weshalb man häufig auch vom „mechanischen Memory-Effekt“ spricht.

Thermomechanische Behandlung: Behandlung eines Memory-Metalls zur Einstellung der funktionellen Eigenschaften, wie etwa der Umwandlungstemperaturen, der Superelastizität etc. Die thermomechanische Behandlung besteht aus einer Kombination von zumeist Kaltumformschritten und Wärmebehandlungen während der Herstellung und der Formeinprägung.

Umwandlungstemperaturen: Temperaturwerte, bei denen Beginn und Ende der *Phasenumwandlung* gemessen werden können (*M_s*, *M_F*, *A_s*, *A_F-Temperatur*).

Zweiwegeffekt: Form des thermischen „Memory-Effektes“, bei dem jedoch auch die Abkühlung mit einer Formänderung einhergeht. Dieser Effekt ist daher entweder durch eine spezielle *thermomechanische Behandlung* („Training“) oder durch äußere Kräfte während des Abkühlens vom *Austenit* in den *Martensit* zu erreichen. Bei der Herstellung von Aktoren mit Memory-Metallen ist besonders letztere Möglichkeit empfehlenswert.