

4-Komponenten Dynamometer (RCD)

Typ 9170A...

Rotierend – zur Messung der Zerspankräfte am rotierenden Werkzeug

Rotierendes 4-Komponenten Dynamometer zum Messen der Kräfte und des Drehmomentes bei Zerspanprozessen am rotierenden Werkzeug. Die Messwert- und Energieübertragung erfolgt berührungslos und daher verschleißfrei.

- Zerspankraftmessung an der rotierenden Schneide
- 4-Komponenten-Messung: F_x , F_y , F_z sowie M_z
- bis max. 20 000 min^{-1}
- berührungslose Datenübertragung
- interne Kühlschmierstoffzufuhr möglich
- erhältlich für die gängigen Maschinenspindel-Schnittstellen
- Werkzeugaufnahme mit ER-Spannzangen
- hohe Rundlaufgenauigkeit und Auswuchtgüte
- komplettes Messsystem



Beschreibung

Das komplette Messsystem besteht aus Rotor, Stator, Verbindungskabel und Signal Conditioner. Die Spindelaufnahme der Werkzeugmaschine bestimmt die Ausführung des Rotors. Eingebaut im Rotor sind der piezoelektrische 4-Komponenten Sensor, vier Ladungsverstärker, sowie die digitale Übertragungselektronik. Gemessen werden damit die Radialkräfte F_x und F_y , die Axialkraft F_z sowie das Drehmoment M_z .

Die Übertragung der digitalisierten Messsignale auf den Stator, die Bereichsumschaltung der Ladungsverstärker sowie die Energieversorgung erfolgt berührungslos. Der Stator wird im Abstand von einigen Millimetern vom Rotor an der Werkzeugmaschine befestigt.

Der Signal Conditioner ist für die Energieversorgung, Signalübertragung und Steuerung des Systems verantwortlich. Wahlweise können manuell oder via serielle Schnittstelle 3 Messbereiche angewählt sowie die Messung gestartet werden. Das Messsignal steht als analoges Spannungssignal ± 10 Volt zur Verfügung. Die Ansteuerung des Systems sowie die Erfassung der Daten kann über die Software DynoWare von Kistler oder über eine beliebige Datenerfassungssoftware erfolgen.

Anwendung

Mit einem rotierenden Dynamometer lassen sich die drei orthogonalen Kräfte F_x , F_y und F_z sowie das Drehmoment M_z bei spanenden Fertigungsverfahren, insbesondere beim Fräsen und beim Bohren, messen. Rotierende Dynamometer ermöglichen:

- Erfassung der mechanischen Belastung während Zerspanprozess
- Analyse des Verschleissvorganges
- Optimierung von Schnittparametern
- Berechnung von materialspezifischen Konstanten (z.B. die spezifische Schnittkraft)
- Optimierung des Werkzeuges hinsichtlich Geometrie und Beschichtung
- Verifikation von Zerspansimulationen

Die Erfassung der Kräfte und des Momentes erfolgt nahe der Werkzeugschneide. Der angreifende Kraftvektor an einschneidigen Werkzeugen kann dabei direkt ermittelt werden. Dank dem im Rotor platzierten, neuentwickelten piezoelektrischen Sensor lassen sich hochdynamische Signale erfassen. Die höhere Eigenfrequenz und die höhere Abtastrate gegenüber dem Vorgängermodell ermöglichen die Erfassung der Signale bei Hochgeschwindigkeitsprozessen.

Vorteile eines rotierenden Dynamometers

Die Verwendung eines rotierenden Dynamometers als Messinstrument bietet für den Anwender einige Vorteile:

- Das zur Zerspanung aufzubringende Drehmoment wird direkt gemessen. Das erlaubt eine akkurate Aussage über den Zustand des Werkzeuges, beispielsweise über den Verschleiss
- Der Rotor eines rotierenden Dynamometers rotiert mit dem Werkzeug mit und ermöglicht damit die direkte Quantifizierung der mechanischen Belastung des Werkzeuges
- Die Unabhängigkeit von Werkstückmasse, -dimension und -form ermöglichen die Kraft- und Momentmessung des Zerspanprozesses an aufwändigen und kostenintensiven Bauteilen, z.B. Strukturbauteilen von Flugzeugen oder Blisks (Blade Integrated Disc)

Technische Daten

Rotor Typ 9170Axxx0

Drehzahl, max.		min ⁻¹	20 000 ¹⁾
Messbereich 1, nominal	F_x, F_y	N	-5 000 ... 5 000 ²⁾
	F_z	N	-20 000 ... 20 000 ²⁾
	M_z	N·m	-150 ... 150 ²⁾
Messbereich 2, nominal	F_x, F_y	N	-2 000 ... 2 000 ²⁾
	F_z	N	-5 000 ... 5 000 ²⁾
	M_z	N·m	-50 ... 50 ²⁾
Messbereich 3, nominal	F_x, F_y	N	-500 ... 500 ²⁾
	F_z	N	-2 000 ... 2 000 ²⁾
	M_z	N·m	-10 ... 10 ²⁾
Empfindlichkeit Bereich 1	F_x, F_y	mV/N	≈2
	F_z	mV/N	≈0,5
	M_z	mV/N·m	≈66
Empfindlichkeit Bereich 2	F_x, F_y	mV/N	≈5
	F_z	mV/N	≈2
	M_z	mV/N·m	≈200
Empfindlichkeit Bereich 3	F_x, F_y	mV/N	≈20
	F_z	mV/N	≈5
	M_z	mV/N·m	≈1 000
Linerarität		%FSO	≤±1,0
Hysteresese		%FSO	≤1,0

¹⁾ Rotoren mit Spindeladapter DIN 69871-AD50, MAS 403 BT 50 oder ANSI B5.50-50 sind auf 12 000 min⁻¹ limitiert.

²⁾ Kleinere Spindeladapter limitieren den Nutzbereich von RCD's. Die Rotoren werden entsprechend diesen Grenzwerten kalibriert (siehe Seite 4).

Übersprechen	$F_x \leftrightarrow F_y$	%FSO	≤±2,0
	$F_{x,y} \rightarrow F_z$	%FSO	≤±3,5
	$F_z \rightarrow F_{x,y}$	%FSO	≤±1,0
	$F_z \rightarrow M_z$	mN·m/N	≤±1
	$M_z \rightarrow F_z$	N/N·m	≤±1
Eigenfrequenz ²⁾	$f_0, F_{x,y}$	Hz	≈2 000
	f_0, F_z	Hz	≈7 600
Tiefpass (anti-aliasing)		kHz	3,0
Tiefpass Filter Typ			6 pol., Butterworth
Abtastrate pro Kanal		kHz	22,2
Auflösung		bit	12
Betriebstemperaturbereich		°C	0 ... 60
Schutzart (IEC 60529)			IP67
Interner Kühlschmiermitteldruck, max.		bar	70
Wuchtklasse		G	≤2,5
Gewicht (nur Rotor) ²⁾		kg	1,6

²⁾ Gilt für Typ 9170A131 (RCD mit Spindeladapter HSK-A63, ER-Spannzangenadapter, ohne Werkzeug)

Signal Conditioner Typ 5238Bx

Anzahl Kanäle		4
Anzahl Bereich pro Kanal		3
Tiefpass (einstellbar)	Eckfrequenz 1	kHz
	Eckfrequenz 2	kHz
	Eckfrequenz 3	kHz
Tiefpass Filter Typ		6 pol., Butterworth
Signalausgang FSO	V	±10
Stecker Signalausgang		4xBNC neg. D-Sub neg. 15-pol.
Schnittstelle (für Fernsteuerung)		RS-232C
Spannungsversorgung	VAC	V
Toleranz		%
Netzfrequenz		Hz
Betriebstemperaturbereich		°C
Schutzart (IEC 60529)		IP30
Abmessungen	BxHxT	mm
Gewicht (nur Signal Conditioner)		kg

Signale eines rotierenden Dynamometers (RCD)

Das rotierende Dynamometer Typ 9170A... basiert auf einem piezoelektrischen 4-Komponentensensor. Der Rotor des Messsystems ist im eingebauten Zustand verbunden mit der Maschinenspindel und rotiert entsprechend mit. Das bedeutet, dass auch das Koordinatensystem des RCD um die vertikale Z-Achse rotiert. Dank dem rotierenden Koordinatensystem des RCD lassen sich direkte Aussagen über die mechanischen Belastungen der Werkzeugschneide machen.

Hier einige Beispiele von Messsignalen, die mit der optionalen Kistler Software DynoWare Typ 2825A erfasst und dargestellt wurden:

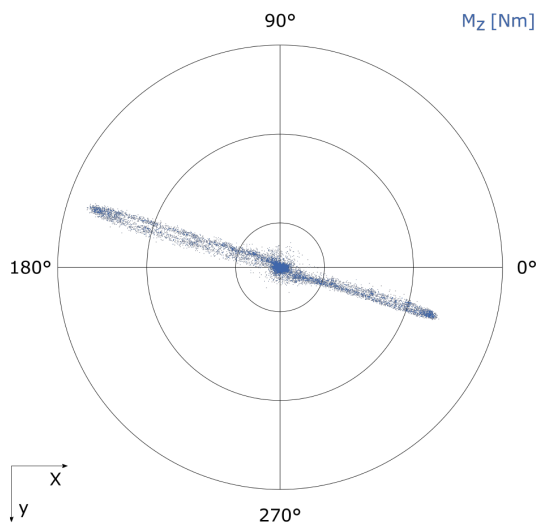


Abb. 1: Polarplot Fräsen mit zweischneidigem Werkzeug beim Schlichten

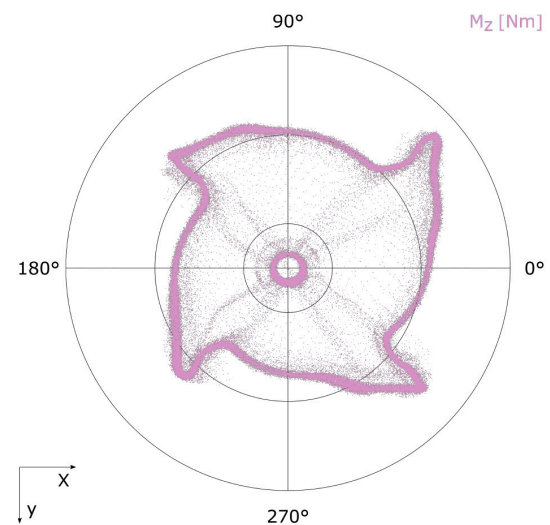


Abb. 2: Polarplot Fräsen mit vierschneidigem Werkzeug im Halbschnitt

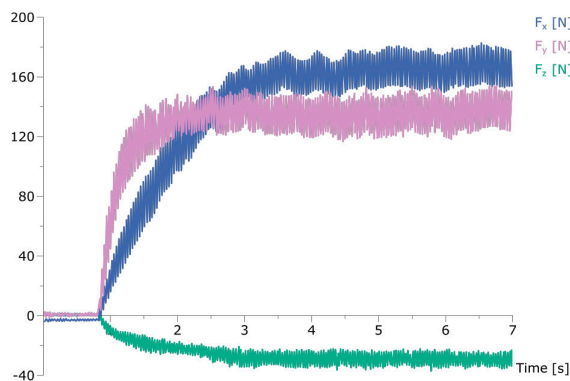


Abb. 3: Messdaten beim Fräsen

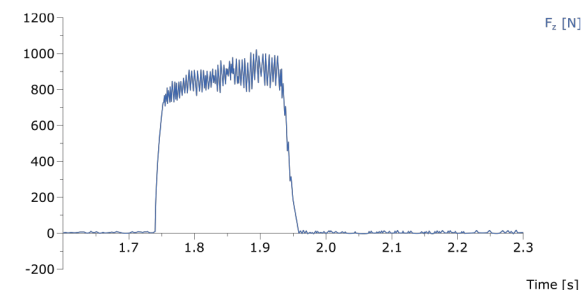
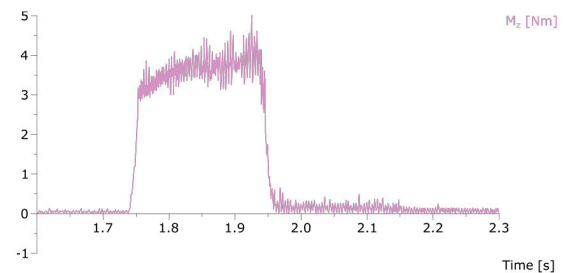


Abb. 4: Messdaten beim Bohren

9170A_000-995d-08.19

Montage des RCD Typ 9170A...

Der Rotor eines rotierenden Dynamometers wird, wie ein herkömmliches Werkzeug, über den Spindeladapter in die Maschinenspindel eingezogen. Die Montage des Stators an die Maschine oder an den stillstehenden Teil der Maschinenspindel ist Sache des Anwenders. In der Betriebsanleitung findet sich eine detaillierte Beschreibung des Vorgehens.

Handhabung des RCD Typ 9170A... während dem Betrieb

Um Kollisionen des Stators und der Statorhalterung zu vermeiden wird empfohlen, das RCD Typ 9170A... manuell in die Maschinenspindel einzusetzen.

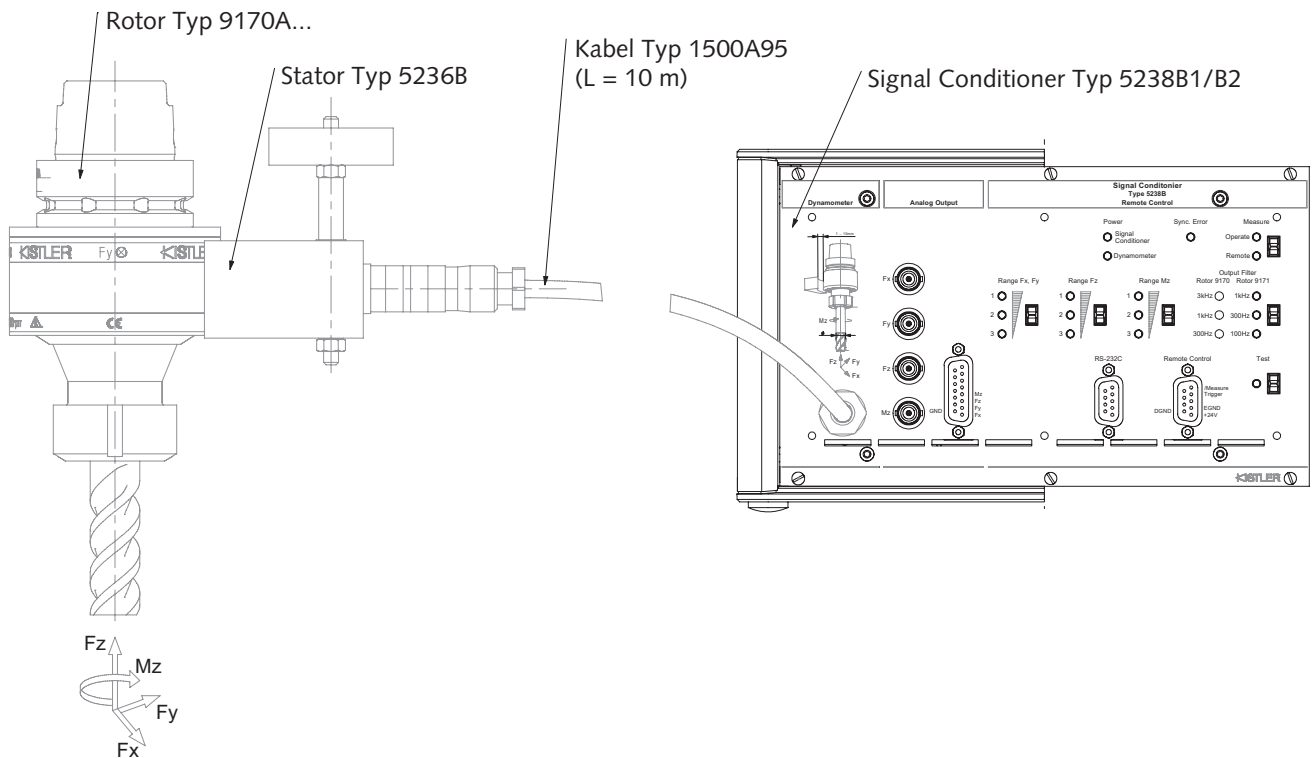


Abb. 5: Schema der Messkette

Typische Messkette mit DAQ-System Typ 5697A1

Dynamometer (+ Stator)	Anschlusskabel	Signal Conditioner	Verbindungskabel	DAQ system	Notebook (kundenseitig) mit DynoWare
Typ 9170A (+ Typ 5236B)	Typ 1500A95	Typ 5238B	Typ 1700A111A2 Typ 1200A27	Typ 5697A1	

9170A_000-995d-08.19

Kalibrierbereiche der verschiedenen RCD-Typen

Typ	Maschinenadapter			Kalibrierbereich 1	Kalibrierbereich 2	Kalibrierbereich 3
9170A111x	HSK-A40	F _x , F _y	N	1 000	500	250
		F _z	N	12 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	80	45	9
9170A121x	HSK-A50	F _x , F _y	N	1 500	1 000	250
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A131x	HSK-A63	F _x , F _y	N	3 000	1 500	300
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A141x	HSK-A80	F _x , F _y	N	4 500	1 800	450
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A161x	HSK-E40	F _x , F _y	N	1 000	500	250
		F _z	N	12 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	15	12	9
9170A171x	HSK-E50	F _x , F _y	N	1 500	1 000	250
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	35	25	9
9170A181x	HSK-E63	F _x , F _y	N	3 000	1 500	300
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	70	45	9
9170A211x	DIN ISO 7388-1 - AD30 (DIN 69871-AD30)	F _x , F _y	N	1 000	500	250
		F _z	N	12 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	80	45	9
9170A221x	DIN ISO 7388-1 - AD40 (DIN 69871-AD40)	F _x , F _y	N	3 000	1 500	300
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A231x	DIN ISO 7388-1 - AD50 (DIN 69871-AD50)	F _x , F _y	N	4 500	1 800	450
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A241x	JIS B 6339-2 JD 30 (MAS 403 BT 30)	F _x , F _y	N	1 000	500	250
		F _z	N	12 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	80	45	9
9170A251x	JIS B 6339-2 JD 40 (MAS 403 BT 40)	F _x , F _y	N	3 000	1 500	300
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A261x	JIS B 6339-2 JD 50 (MAS 403 BT 50)	F _x , F _y	N	4 500	1 800	450
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A271x	ANSI / ASME B5.50-30 (CAT 30)	F _x , F _y	N	1 000	500	250
		F _z	N	12 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	80	45	9
9170A281x	ANSI / ASME B5.50-40 (CAT 40)	F _x , F _y	N	3 000	1 500	300
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A291x	ANSI / ASME B5.50-50 (CAT 50)	F _x , F _y	N	4 500	1 800	450
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A311x	Capto C5	F _x , F _y	N	1 500	1 000	250
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9
9170A321x	Capto C6	F _x , F _y	N	3 000	1 500	300
		F _z	N	18 000	4 500	1 800
		M _z	N·m	100	45	9

Bestellbeispiel: 9170A1312

Geprüftes Messsystem RCD Typ 9170A... bestehend aus:

- Integriertem Spindeladapter HSK-A63
- Integrierter Spannzangenaufnahme ER, Grösse 32 (DIN 6499-B32)
- Stator
- Verbindungskabel
- Signal Conditioner in Tischgehäuse

Die einzelnen Systemkomponenten können auch separat bestellt werden:

Komponente

- Rotor
- Stator
- Verbindungskabel (l = 10 m)
- Signal Conditioner für Rack-Einbau
- Signal Conditioner für Tischgehäuse
- Spannschlüssel zu ER-Spannzangen

Typ

9170Axx10
5236B
1500A95
5238B1
5238B2
65007932

Bestellschlüssel

Spannzangen DIN 6499-B32-UP

Werkzeugdurchmesser d

1 ... 2 mm	02
2 ... 3 mm	03
3 ... 4 mm	04
4 ... 5 mm	05
5 ... 6 mm	06
6 ... 7 mm	07
7 ... 8 mm	08
8 ... 9 mm	09
9 ... 10 mm	10
10 ... 11 mm	11
11 ... 12 mm	12
12 ... 13 mm	13
13 ... 14 mm	14
14 ... 15 mm	15
15 ... 16 mm	16
16 ... 17 mm	17
17 ... 18 mm	18
18 ... 19 mm	19
19 ... 20 mm	20

Typ 9169A ☐

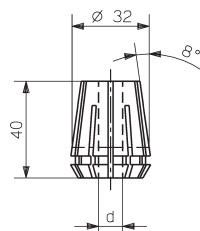


Bild 2: Spannzange Typ 9169A...

Mitgeliefertes Zubehör

- Spannschlüssel zu ER-Spannzangen
- Spannmutter Hi-Q/ER32 zu ER-Spannzange

Typ/Art. Nr.

65007932
65007915

Zubehör (optional)

- Spannzangen DIN 6499-B32-UP

Bestellschlüssel

Rotierendes 4-Komponenten
Zerspankraft-Dynamometer RCD

Typ 9170A ☐ ☐ ☐

Spindeladapter (integriert)

HSK-A40	11
HSK-A50	12
HSK-A63	13
HSK-A80	14
HSK-E40	16
HSK-E50	17
HSK-E63	18
DIN ISO 7388-1 - AD30 (DIN 69871-AD30)	21
DIN ISO 7388-1 - AD40 (DIN 69871-AD40)	22
DIN ISO 7388-1 - AD50 (DIN 69871-AD50)	23
JIS B 6339-2 JD 30 (MAS 403 BT 30)	24
JIS B 6339-2 JD 40 (MAS 403 BT 40)	25
JIS B 6339-2 JD 50 (MAS 403 BT 50)	26
ANSI / ASME B5.50-30 (CAT 30)	27
ANSI / ASME B5.50-40 (CAT 40)	28
ANSI / ASME B5.50-50 (CAT 50)	29
Capto C5	31
Capto C6	32

Weitere Spindeladapter auf Anfrage

Werkzeugaufnahme (integriert)

Spannzangenaufnahme ER (DIN 6499 – B32)	1
---	---

Messsystem

nur Rotor	0
Messsystem komplett mit Rotor, Stator, Verbindungskabel und Signal Conditioner (Rack-Einbau)	1
Messsystem komplett mit Rotor, Stator, Verbindungskabel und Signal Conditioner (Tischgehäuse)	2

Capto ist eine eingetragene Marke der Sandvik Gruppe.