

[48] ウォーム加工用成形砥石歯形設計システム

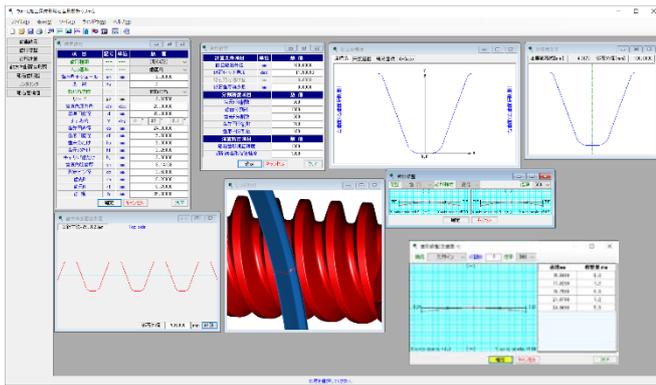


Fig. 48.1 ウォーム加工用成形砥石歯形設計システム

48.1 概要

本ソフトウェアは、ウォームを研削する場合の砥石形状を生成するソフトウェアです。ウォームの型式であるA, N, K, Iの他に歯面を凹面とするC形, L-Niemann歯形にも対応しています。

Niemann 歯形の研削は、砥石に凸面を与える加工方法ですが、これでは砥石形状に影響を受けるウォーム歯形となってしまいます。しかし、本ソフトウェアでは設計者が決定したウォーム歯形を得るために3次元干渉を考慮した砥石の形状を決定します。図48.1にソフトウェアの全体画面を示します。

48.2 諸元入力

基準ラックを図48.2で設定し、その後、図48.3でウォーム諸元を入力します。ウォーム歯形は5種類ありますが、ここではI形で説明しますが、 m, z_w, d を入力することで以後の値は[TAB]で標準値が入力されます。なお、L-Niemann 歯形（オプション）については48.7項をご覧ください。

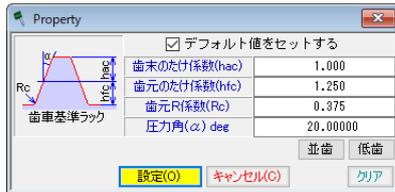


図 48.2 基準ラック



図 48.3 ウォーム諸元の設定

48.3 歯形修整

ウォームに歯形修整を与える場合、図48.4~48.6のように設定することができます。



図 48.4 ウォーム歯形修整 (左右歯面)

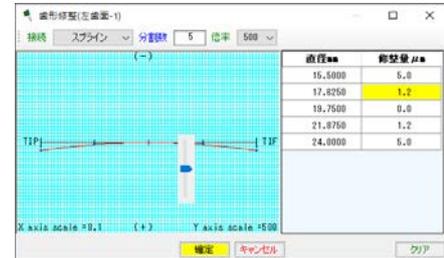


図 48.5 ウォーム歯形修整

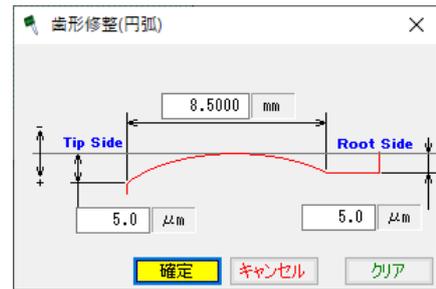


図 48.6 ウォーム歯形修整 (クラウニング)

48.4 歯形生成

ウォーム歯形計算時には図48.7で砥石直径や砥石セット角などを設定します。砥石直径が変わると3次元干渉の影響で砥石形状が変わりますので正しい直径を入力する必要があります。また、砥石セット角の標準値は、ウォームすずみ角(γ)としますが、セット角を変更した場合の砥石歯形を生成することも可能です。



図 48.7 歯形計算諸元

歯形修整を含めたウォームの軸方向断面歯形を図48.8に、無修整歯形と修整歯形を重ね合わせた歯形(歯先部)を図48.9に示します。また、ここでは距離計測も可能ですので図48.10では両者歯形の違いを計測した例を示しています。砥石が摩耗して90mm(100mmと同じ砥石歯形)となったとき図48.8右下にある砥石外径に砥石径を入力し再計算するとウォーム歯形は図48.11のように歯先部の片歯面の歯厚は0.0007mm大きくなります。なお、

図 48.8~48.11 では、歯形修整を含めた歯形を赤色線、無修整歯形を緑色線、研削後の歯形を青色線、そして、砥石径を任意に変更したときの歯形をピンク色線で示します。

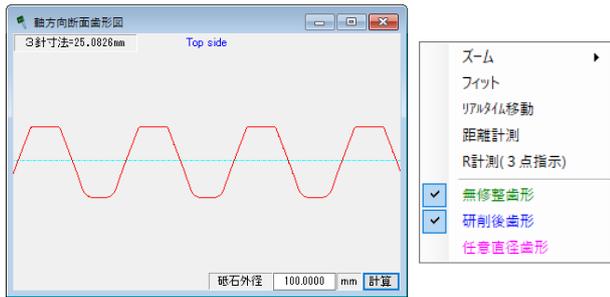


図 48.8 軸方向断面歯形と補助フォーム

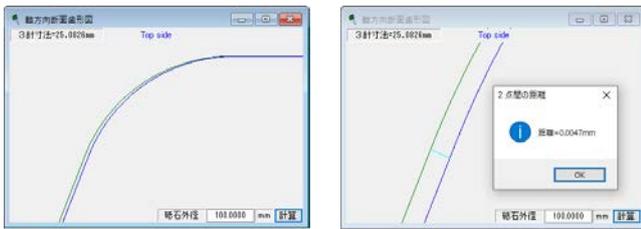


図 48.9 歯形重ね合わせ

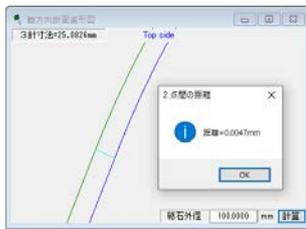


図 48.10 距離計測

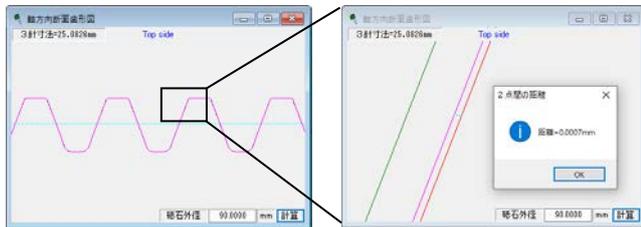


図 48.11 砥石径を 90mm としたときの歯形 (ピンク色)

48.5 砥石歯形

ウォーム研削用砥石歯形を図 48.12 に、また、ウォームと砥石を表示したレンダリングを図 48.13 に示します。図 48.13 では、砥石の位置などを変更することができますのでウォームとの接触状態を容易に把握することができます。



図 48.12 砥石歯形

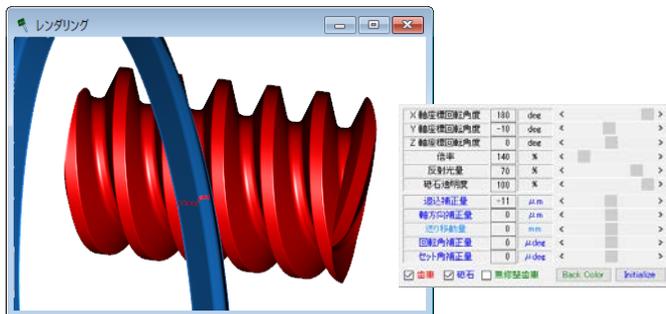


図 48.13 レンダリング

48.6 砥石座標

研削する砥石の座標系、座標および G-code を図 48.14~48.17 に示します。また、図 48.18 に CAD 作図例 (砥石歯形左歯面) を示します。右歯面は、図 48.15~48.17 で設定することができます。

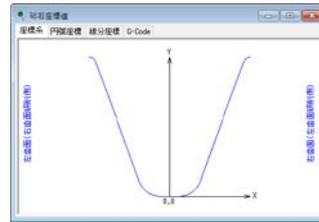


図 48.14 砥石歯形と座標系



図 48.15 砥石円弧座標



図 48.16 砥石線分座標



図 48.17 G-code

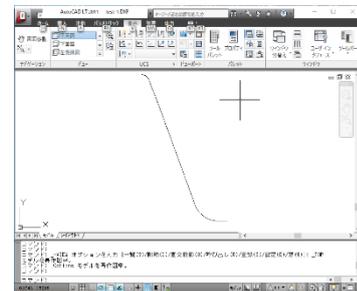


図 48.18 CAD 作図例 (砥石歯形左歯面)

48.7 L-Niemann 歯形 (オプション)

Niemann 歯形の研削は、砥石に凸面を与えることでウォーム歯形を凹面としているため砥石直径や歯車諸元によってウォームの凹形状が変わるため適当に調整が困難と推測できます。しかし、本ソフトウェア (L-Niemann 歯形) では、設計者が定めたウォームの凹面を得ることができる砥石形状を生成しますので設計時の歯当たりを正しく得ることができます。例として図 48.19 の諸元を持つ L-Niemann 歯形ウォームの砥石歯形の生成例を以下に示します。

項目	記号	単位	数値
歯形種類	---	---	L-Niemann
入力基準	---	---	歯直角
歯直角モジュール	mn	mm	2.00000
歯数	z	---	1
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
リード	pz	mm	6.31484
歯直角圧力角	αn	deg	22.50000
基準円直径	d	mm	20.00000
すすみ角	γ	deg	5° 44' 21.0"
歯先円直径	da	mm	24.00000
歯底円直径	df	mm	16.00000
歯末のたけ	ha	mm	2.00000
歯元のたけ	hf	mm	2.00000
キャリバ歯たけ	hj	mm	2.00000
歯直角弦歯厚	sn	mm	3.14159
測定ピン径	dp	mm	3.43700
歯先R	ra	mm	0.20000
歯元R	rb	mm	0.75000
歯幅	b	mm	34.70000
歯面凹半径	Rm	mm	20.00000

図 48.19 L-Niemann 歯形ウォーム

計算条件項目	単位	数値
計算砥石外径	mm	100.0000
砥石セット角度	deg	5.73917
砥石刃元逃げ量	mm	0.0000
砥石歯厚減少量	mm	0.0000
分割精度項目		数値
歯元R分割数		500
歯面分割数		1000
歯先R分割数		500
歯先円分割数		100
歯底円分割数		100
演算精度項目		数値
砥石歯形演算精度		1000
研削前後歯形演算精度		1000

図 48.20 歯形計算諸元

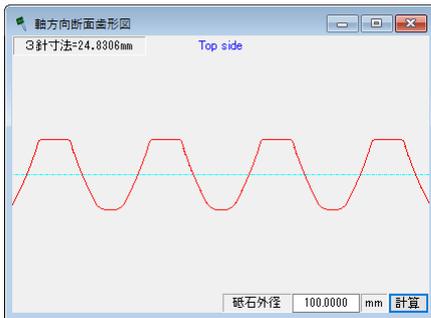


図 48.21 軸方向断面歯形

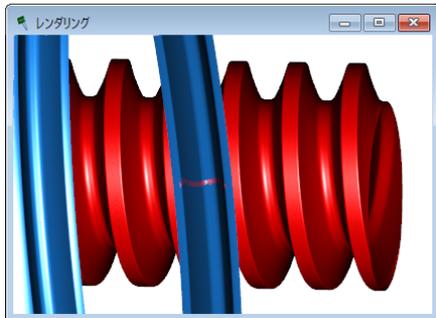


図 48.22 レンダリング

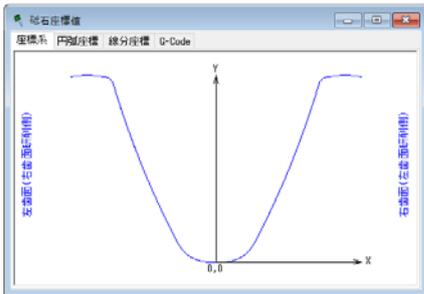


図 48.23 砥石歯形と座標系

項目	記号	単位	Worm	Wheel
歯形の種類	---	---	L-Niemann	Worm Wheel-1
基準平面	---	---	歯直角平面	歯直角平面
歯直角モジュール	mn	mm	2.00000	2.00000
歯直角圧力角	α_n	deg	22.50000	20.00000
条数/歯数	z	---	1	40
基準円直径	dm	mm	20.0000	80.4030
交差角	Σ	deg	0.00000	
進み角	γ_{m1}	deg	5	44
ねじれ角	β	deg	5	44
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	右ねじれ
歯直角転位係数	xn	---	0.00000	0.00000
歯厚入力方式	---	---	法線歯厚減少量	
法線歯厚減少量	fn	mm	0.0000	0.0000
模倣位係数	xh	---	0.0000	0.0000
のど直径	dt	---	*****	84.4030
歯先円直径/外径	da	mm	24.0000	87.4030
歯底円直径	df	mm	15.0000	75.4030
中心距離	a	mm	50.20150	
クリアランス	ck	mm	14.5708	14.5708
歯幅	b	mm	35.0000	15.0000
測定ピッチ	dp	mm	3.4200	3.4580
歯先R	ra	mm	0.2000	-----
基準ラック歯元R	rf	mm	0.4000	0.4000
凹R	Ra	mm	20.0000	-----

図 48.24 L-Niemann ウォーム諸元

条件設定		精度設定	
項目(Worm)	記号	単位	数値
モジュール	mn	mm	2.00000
圧力角	α_n	deg	22.50000
砥石外径	OD	mm	*****
砥石凸R	Δr	mm	20.0000
工具(Wheel)		記号	単位
モジュール	mnc	mm	1.99000
圧力角	α_{nc}	deg	21.79440
条数	Zw	---	1
基準円直径	dmc	mm	20.0000
進み角	γ_c	deg	5 * 42' / 37.38
ねじれ方向	---	---	右ねじれ
取り付け角	Σc	deg	0.00000
取付中心距離	ac	mm	50.20464
刃末のたけ	hkc	mm	2.5031
刃元のたけ	hfc	mm	4.1982
刃厚	sc	mm	3.1259
刃先R	r	mm	0.3980
溝数	N	---	12
のど丸み半径	rt	---	8.0000

図 48.25 歯形計算 (ホイールは転位ホブ)

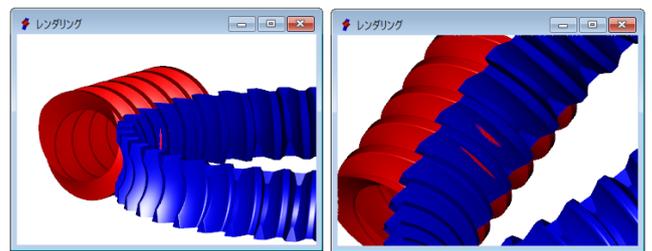


図 48.26 レンダリング

歯形修整や砥石座標の出力などは A, N, K, I 歯形と同様のため省略します。

48.8 L-Niemann ウォーム設計ソフトウェア

L-Niemann ウォーム設計ソフトウェアは、「ウォーム加工用成形砥石歯形設計システム」には含まれませんが、L-Niemann ウォームの設計例として図 48.24~48.26 を示します。

詳しくは、L-Niemann ウォーム設計ソフトウェアのカタログをご覧ください。