

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
Facoltà di Ingegneria “Enzo Ferrari”

IMPOSTAZIONE DI UN CONCEPT DI CARROZZERIA PER VETTURA STRADALE OMOLOGATA

Relatori:

Prof. Fabrizio Ferrari

Prof. Francesco Leali

Candidato:

Giovanni Materassi

Anno Accademico 2014/2015

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
1.1 OBIETTIVO	5
2. VETTURA DI PARTENZA	7
2.1 CARATTERISTICHE TECNICHE	9
2.2 ANALISI DEL LAYOUT DI BASE	11
2.2 MODELLI DI CONFRONTO	12
3. CONCEPT E MODELLO MATEMATICO	17
3.1 STORIA E SCELTA DEL NOME	17
3.2 SOLUZIONI TECNOLOGICHE ESISTENTI.	20
3.3 SOLUZIONE TECNOLOGICA APPLICATA.	28
3.4 SCELTA DELLO STILE	33
3.5 REALIZZAZIONE PRIMI PROTOTIPI DI VALUTAZIONE	34
3.6 CONSIDERAZIONI AERODINAMICHE	37
4. NORMATIVE PER L'OMOLOGAZIONE	46
4.1 ANGOLO DI ATTACCO.	46
4.2 ANGOLO DI USCITA.	46
4.3 PROIETTORI ANABBAGLIANTI	47
4.4 PROIETTORI ABBAGLIANTI.	48
4.5 PROIETTORE FENDINEBBIA ANTERIORE E POSTERIORE.	49
4.6 PROIETTORE PER RETROMARCIA.	50
4.7 INDICATORI DI DIREZIONE.	51
4.8 LUCI D'ARRESTO.	53
4.9 LUCI DI POSIZIONE ANTERIORE E POSTERIORE.	54
4.10 CATADIOTTRO POSTERIORE.	55
4.11 LUCI D'ILLUMINAZIONE TARGA D'IMMATRICOLAZIONE POSTERIORE.	56
4.12 SPECCHI RETROVISORI.	56
4.13 VISIBILITA'.	57
4.14 OMOLOGAZIONE PER URTO FRONTALE E URTO PEDONE.	58
4.15 ALTEZZA DA TERRA.	63
4.16 POSIZIONE DEL CONDUCENTE.	63
5. REALIZZAZIONE FISICA	66
5.1 MODELLO IN PROTOTIPAZIONE RAPIDA E SCALA RIDOTTA.	66
5.2 SCELTA DEL MATERIALE PER LA FRESATURA: UREOL PROLAB 65	67

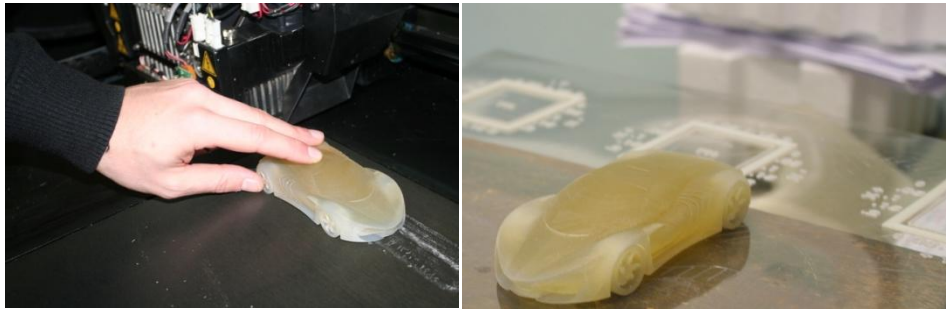
5.3 PREPARAZIONE DEL MATERIALE	69
5.4 PERCORSO UTENSILE E LAVORAZIONE	71
5.5 VERNICIATURA.	98
5.6 FOTO E RENDER DI PRESENTAZIONE	100
6. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI	101
7. RINGRAZIAMENTI	103
8. BIBLIOGRAFIA	104

5. REALIZZAZIONE FISICA

- Modello in prototipazione rapida e scala ridotta.
- Scelta del materiale
- Preparazione del materiale
- Percorso utensile e lavorazione
- Finitura e verniciatura

5.1 MODELLO IN PROTOTIPAZIONE RAPIDA E SCALA RIDOTTA.

Per giudicare la bontà e la fattibilità del modello 3D, si decide di realizzarne un prototipo in scala 1:30 ricorrendo ad una tecnologia particolare come la prototipazione rapida, così da poter giudicare meglio anche le forme e le proporzioni difficilmente valutabili in ambiente CAD.



Questa tecnologia richiede dapprima la creazione di un file STL, poi una verifica di eventuali errori in esso contenuti, una costruzione del prototipo “layer by layer” e, infine, una fase di cosiddetti post-trattamenti.

La fase di creazione del file STL (Standard Triangulation Language To Layer, ovvero un metodo grafico che descrive l’oggetto tramite una decomposizione in triangoli delle superfici che lo compongono) consiste in una sorta di meshatura del pezzo con gli elementi triangolari appena citati.

La verifica della presenza di eventuali errori nella creazione del file STL si fa invece con appositi software che li individuano e ne permettono la correzione. Nel nostro caso, si è fatto uso di TEBIS.

La costruzione del prototipo “layer by layer” si effettua poi inviando il file STL alla macchina apposita, la quale procede alla deposizione dei cosiddetti “materiale di modello” e “materiale di supporto” strato per strato, fino al completamento dell’oggetto finale.

Infine, si eseguono i post-trattamenti, che consistono in una serie di operazioni manuali finalizzate alla rimozione del materiale di supporto non necessario e del materiale in eccesso una volta tolto il pezzo stampato dalla macchina.

Nel nostro caso, ci si è serviti di un macchinario “OBJET serie EDEN 500 V” con capacità di carico di 500x400x200 mm e si è utilizzato una resina denominata “FULL CURE 720” applicata mediante tecnologia “PolyJET”: essa si basa sulla deposizione di strati liquidi di foto polimeri sensibili ai raggi ultravioletti mentre, contemporaneamente, due lampade UV provvedono al loro indurimento. Delle pompe, infatti, trasportano dalle cartucce alle teste del macchinario la resina per il modello e quella per il supporto: la prima viene depositata dove c’è il prototipo vero e proprio, mentre la seconda dove ci sono delle cavità o a sostegno di pareti con una certa inclinazione.

Ogni strato di materiale depositato viene detto “slice” ed ha uno spessore di 16 μm che viene sottoposto dalle lampade alle radiazioni UV, dopodiché la tavola (“tray”) si abbassa della quantità necessaria e il procedimento si ripete. Si ottengono così delle superfici con rugosità che va da 2-3 μm a 15 μm circa.



5.2 SCELTA DEL MATERIALE PER LA FRESATURA: UREOL PROLAB 65

Si tratta del nome commerciale attribuito ad una resina poliuretanic, generalmente colata a freddo, particolarmente adatta per modelli di stile o parzialmente strutturali da realizzare sia manualmente che tramite fresa. E’ non poroso e caratterizzato da buona stabilità dimensionale, è lavorabile con strumenti per il legno o per l’alluminio ed è dotato di un ottimo aspetto superficiale, dal momento che non presenta venature, non tende a sfaldarsi e produce

dei trucioli piuttosto uniformi. Solitamente, viene distribuito in lastre di diverse colorazioni che variano a seconda della densità (bassa media o alta).\

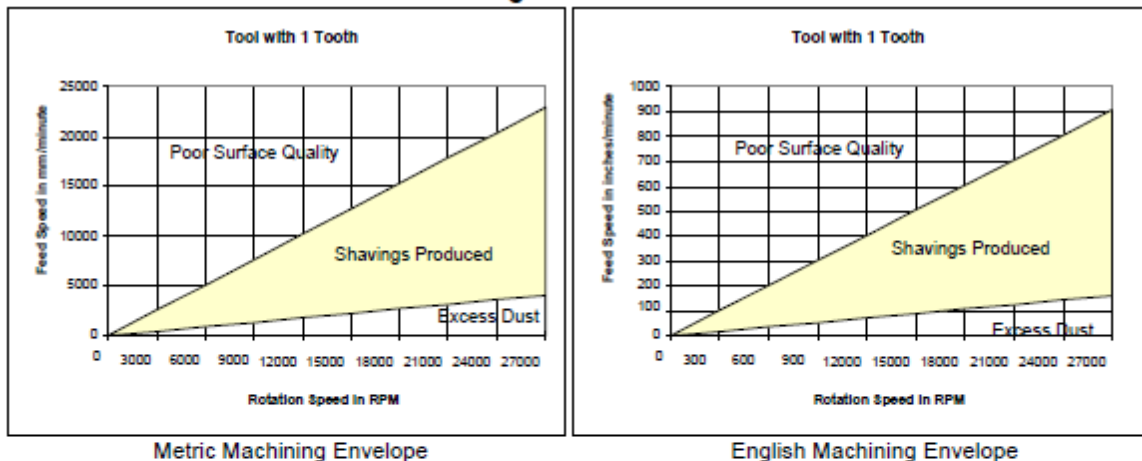
Di seguito, ne vengono riportate le caratteristiche.

Density: 0.65 (g/cc).

Hardness 63 Shore D.

PHYSICAL PROPERTIES			
Color			brown
Density at 23°C	ISO 2781 : 1996	lbs/ft ³ (g/cc)	42 (0.65)
MECHANICAL PROPERTIES at 23°C			
Hardness	ISO 868 :2003	Shore D1	63
Flexural modulus	ISO 178 :2001	psi (MPa)	145,000 (1,000)
Flexural strength	ISO 178 :2001	psi (MPa)	4,900 (34)
Compressive strength	ISO 604 :2002	psi (MPa)	4,100 (28)
Impact strength (CHARPY)	ISO 179/1eU :1994	ft.Lbf/in ² (kJ/m ²)	5 (11)
Glass temperature transition (Tg)	ISO 11359 : 2002	°F (°C)	185 (85)
Coefficient of thermal expansion (CTE) from 50 – 140°F (10 - 60°C)	ISO 11359 : 1999	ppm/°F (°C)	42 (75)

Machining Recommendations



Machining Parameters		
	Cutter edge velocity (Vc in ft/min (m/min))	Feed per tooth (fz in inches (mm)/revolution)
Rough shape	328 -1640 (100 to 500)	0.006 – 0.028 (0.15 to 0.70)
Finish	1312 – 2625 (400 to 800)	0.003 – 0.004 (0.07 to 0.10)

$n = (12 \text{ English or } 1000 \text{ metric}) \times Vc) / (\text{PI} \times Dc)$	$Vf = n \times fz \times Z$
--	-----------------------------

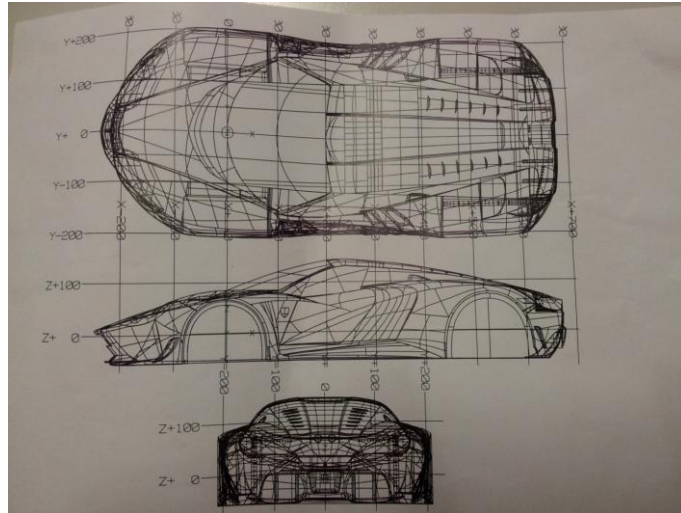
- Vc: Cutter edge velocity in ft/min (m/minute)
- Dc: Cutting diameter in inches (mm)
- n: Spindle speed in revolution/minute
- fz: Feed per tooth in inches (mm)/revolution
- Z: Number of teeth
- Vf: Feed speed in inches (mm)/minute

STORAGE CONDITIONS

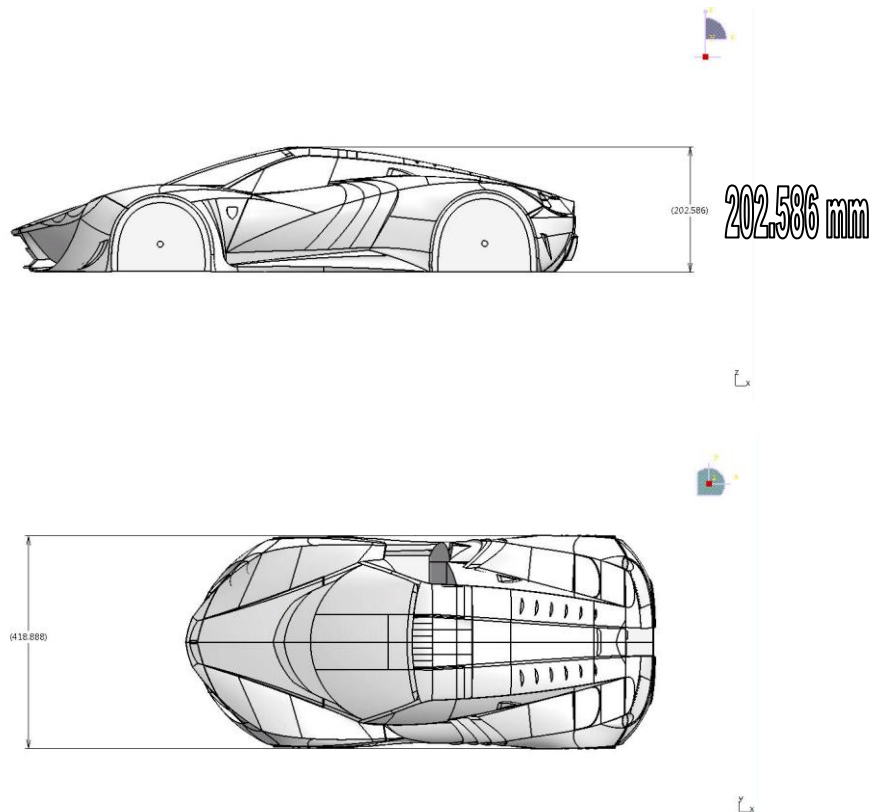
- Product is guaranteed for 12 months stored flat in a dry place.

5.3 PREPARAZIONE DEL MATERIALE

Prima di determinare i percorsi utensile, è necessario impostare una fase di preparazione del materiale, ovvero un documento in cui vengono riportate le viste principali utili alle lavorazioni previste, il tipo di materiale impiegato ed altre informazioni ausiliarie (commessa, cliente, consegna e tipo di materiale da usare e le dimensioni del materiale).



Per stabilire con precisione la quantità di materiale necessario, vengono eseguite le opportune misurazioni degli ingombri massimi sul modello già in scala.



L'UREOL, infatti, viene fornito alle aziende in tavole con spessore di 50,75 e 100 mm che è possibile incollare tra loro con adesivo "PROCOL 2" o, in caso di piccoli assemblaggi, con adesivo cianoacrilico.

Una volta individuata la quantità necessaria di materiale, si provvede alla raccolta in magazzino dello stesso. Si esegue poi un taglio dei blocchi mediante sega a nastro, cercando di seguire le linee precedentemente tracciate sulle varie tavole. I blocchi ottenuti da quest'operazione vengono, come detto, incollati tra loro e serrati con dei morsetti per evitare l'eventuale presenza di bolle o di collante in eccesso.

L'insieme dei vari pezzi prende il nome di "grezzo" e viene a questo punto preparato per esser montato in macchina: si eseguono cioè le operazioni finalizzate al centraggio e l'installazione delle tavole di compensato che servono a mantenere l'insieme ben fissato alla macchina utensile e, soprattutto, a permettere alle frese utilizzate di raggiungere anche le zone del grezzo poste più in basso senza danneggiare il sostegno in ghisa.

Al termine del procedimento appena descritto, l'insieme si presenta così (fig. sotto):



5.4 PERCORSO UTENSILE E LAVORAZIONE

Una volta scelta la macchina utensile con cui fresare il pezzo e aver predisposto le indicazioni riguardanti il grezzo, si calcolano le traiettorie che i vari utensili dovranno seguire. Si avranno infatti diversi tipi di utensili a seconda delle operazioni di fresatura che si dovranno eseguire: nel nostro caso si tratta di frese piatte, sferiche e toriche.

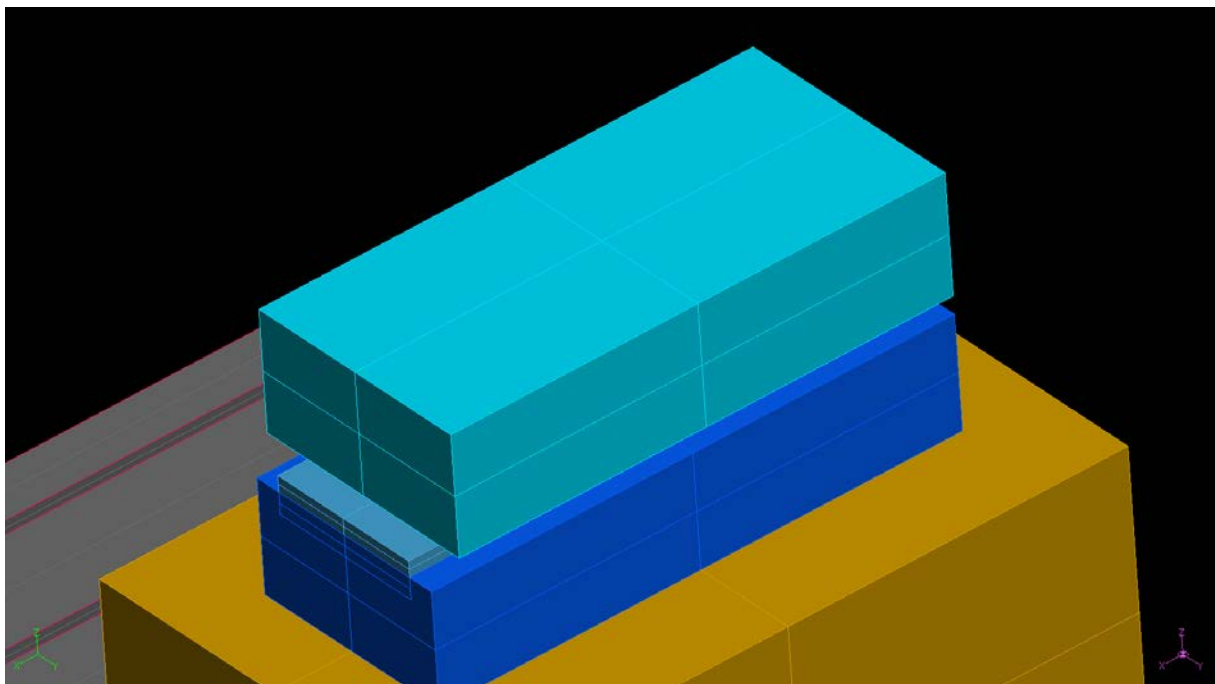
Il pezzo dovrà infatti subire delle operazioni di

- Sgrossatura
- Finitura.
- Riprese.

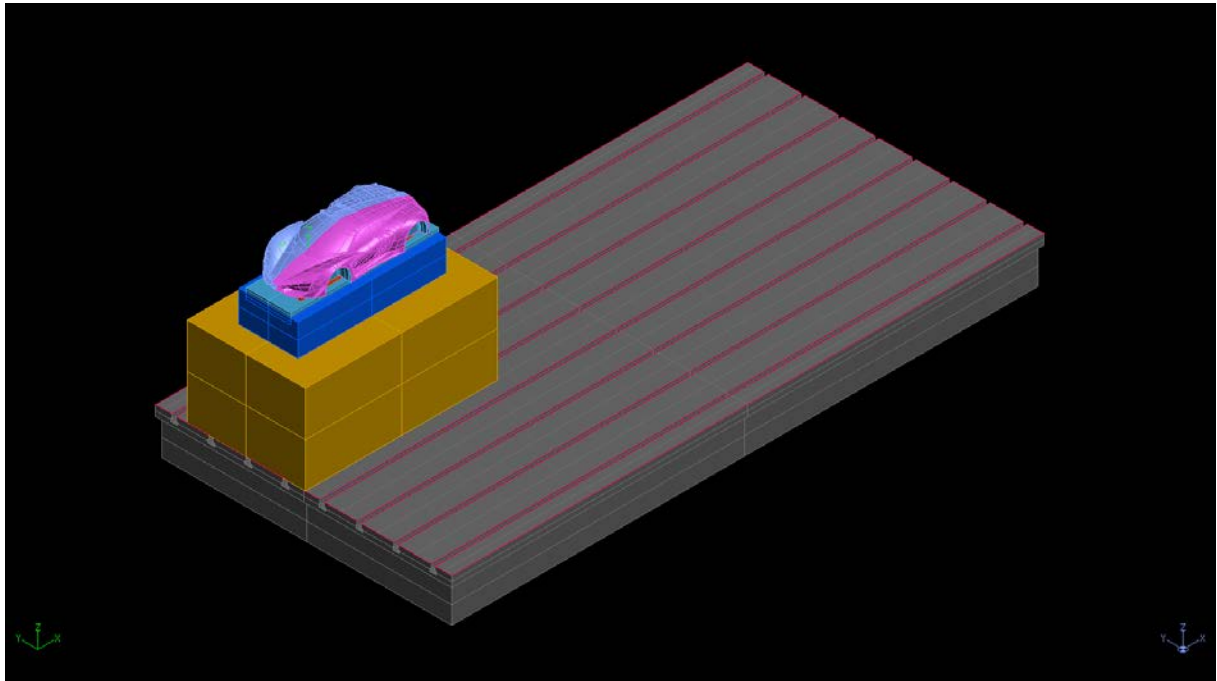
Vediamole singolarmente.

SGROSSATURA.

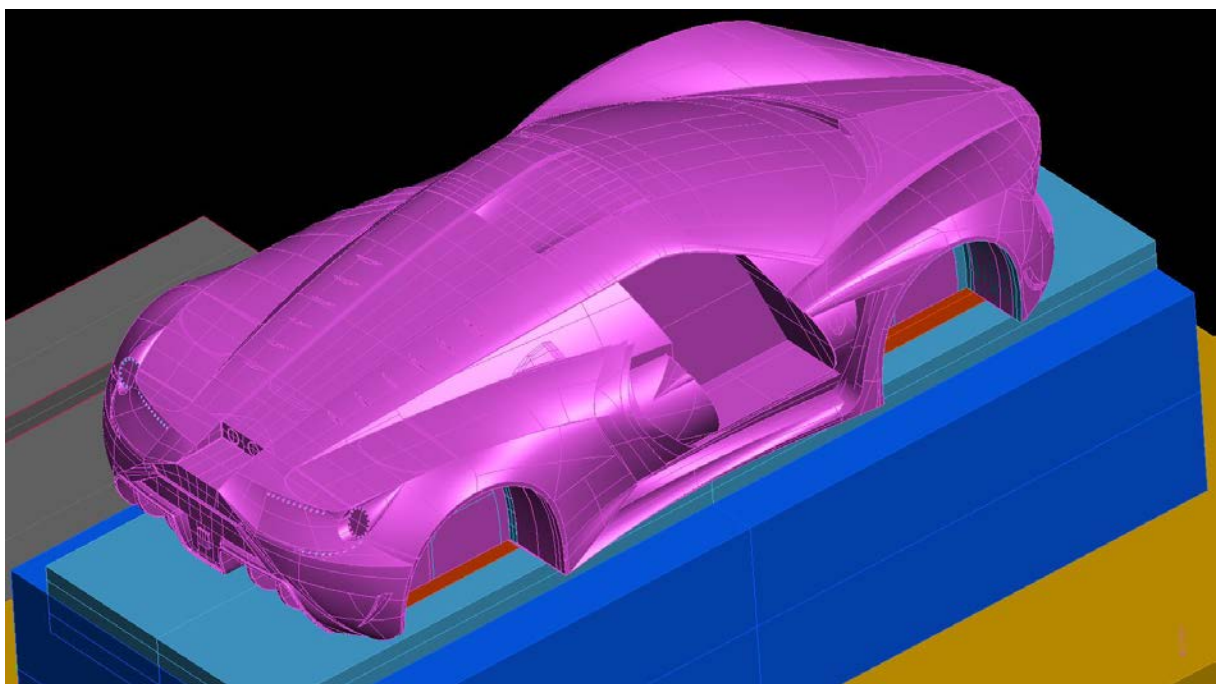
E' la prima fase in cui si asporta del materiale dal grezzo precedentemente preparato (immagine sotto, grezzo virtuale sui cubi della macchina utensile).



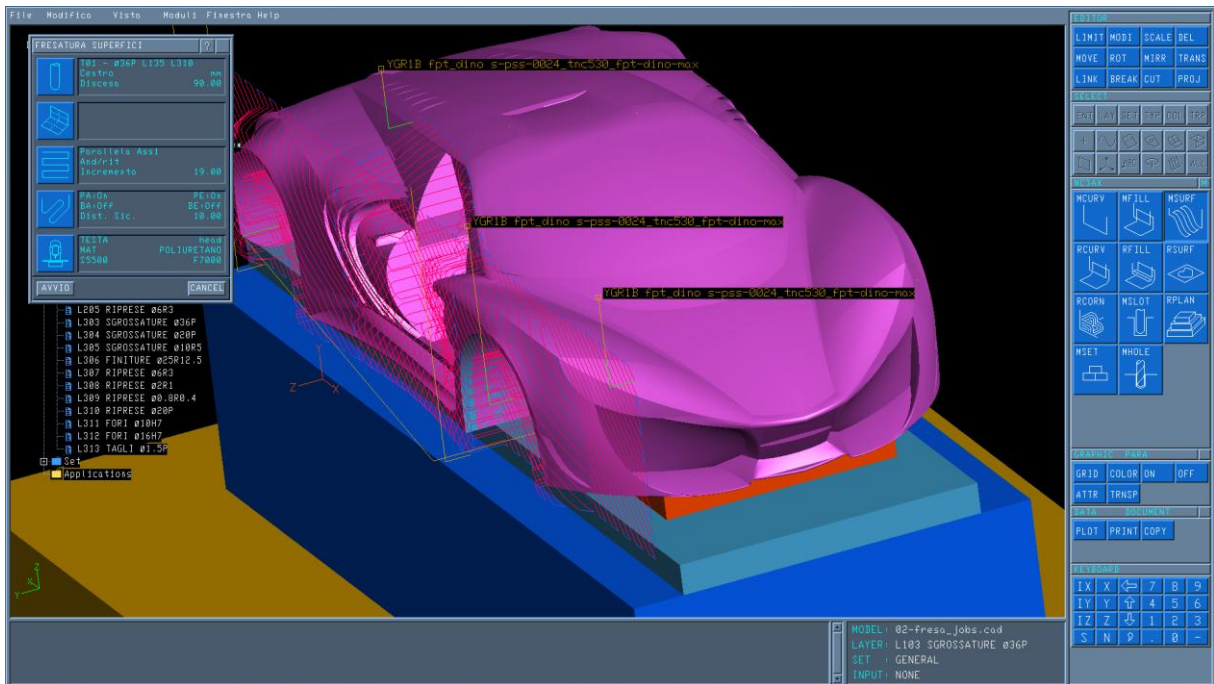
Si svolge generalmente “presidiata”, cioè in presenza di un operatore, che interviene nel caso in cui fossero stati fatti degli errori di centraggio o di montaggio del pezzo a monte. Egli dovrà comunque essere a conoscenza della successione delle frese, della composizione dell’utensile (fresa + eventuale prolunga + mandrino) e della sua posizione all’interno della giostra utensili. L’obiettivo della sgrossatura è quello di togliere più materiale possibile lasciando comunque del sovrametallo, per cui si impiegano di solito frese piatte o toriche.



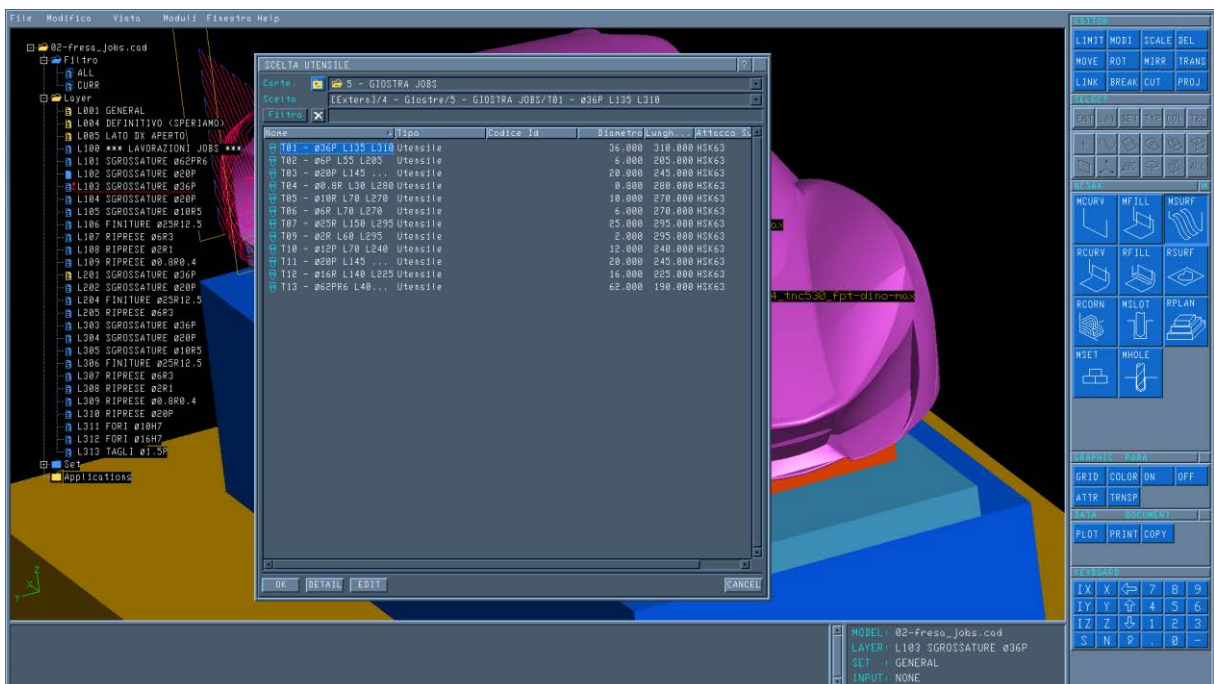
Dall'immagine seguente si può osservare anche il lato in cui è stata praticata la cavità per lo sportello aperto.



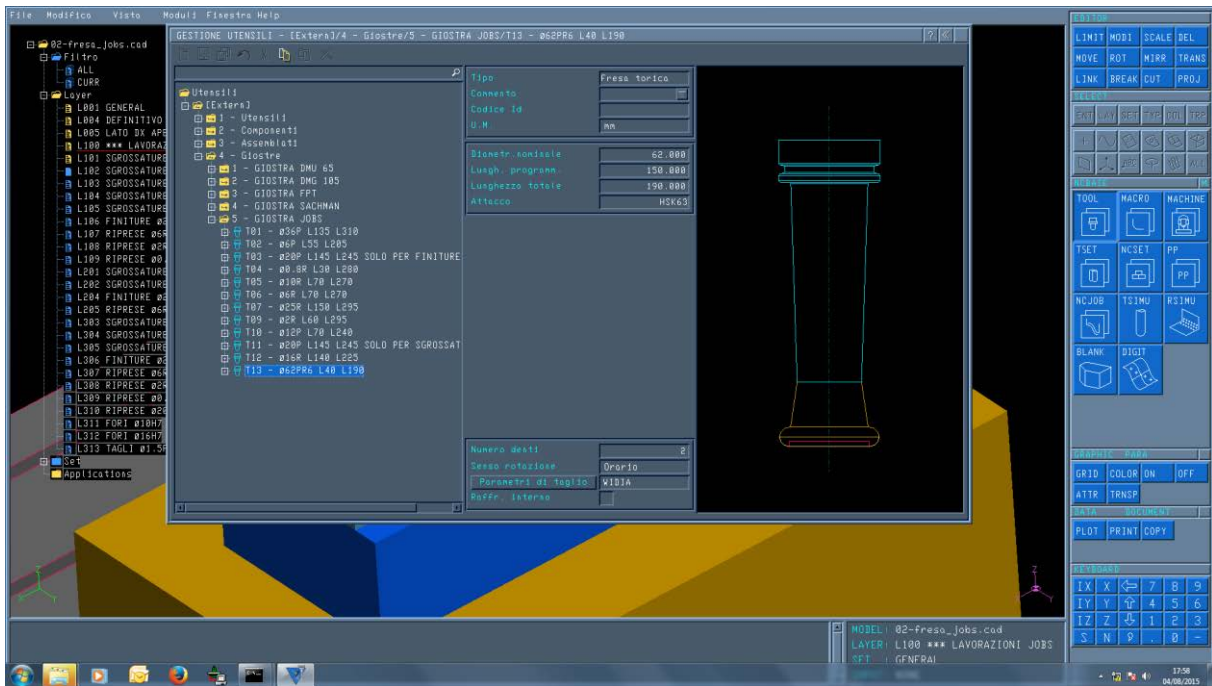
Poi, preliminarmente, è necessario aprire il modulo relativo alla fresatura.



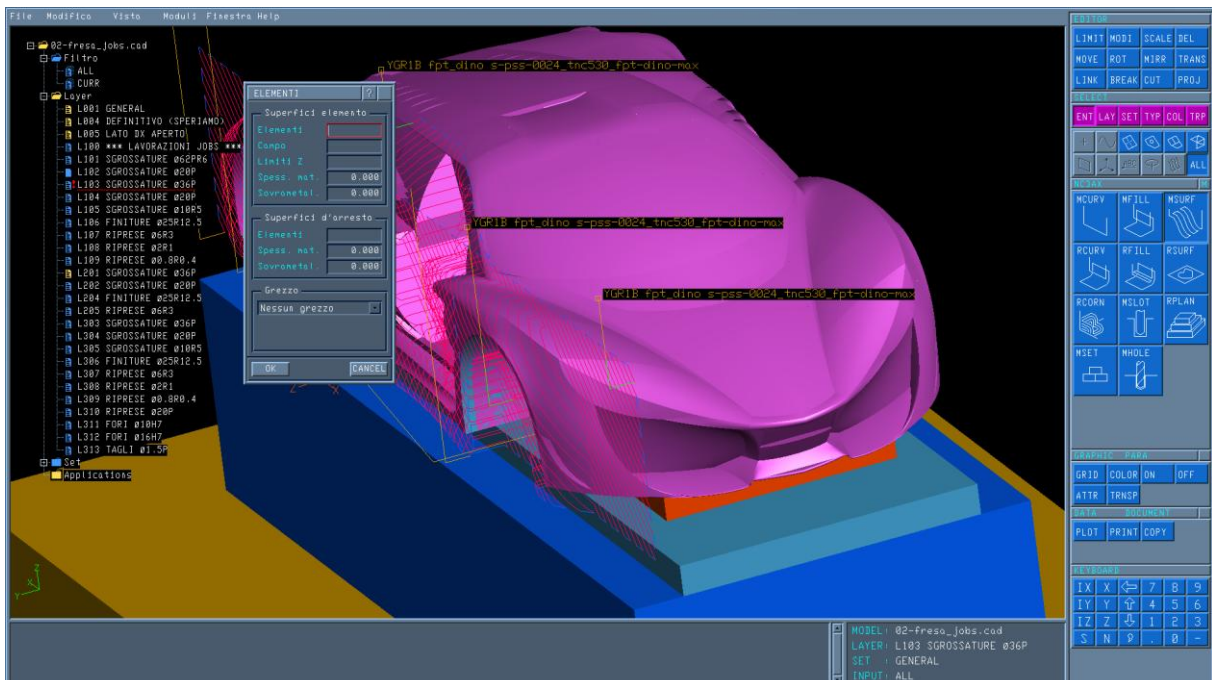
Poi, infatti, il software “TEBIS” impiegato nella realizzazione del percorso utensile, richiede la scelta della tipologia di utensile.



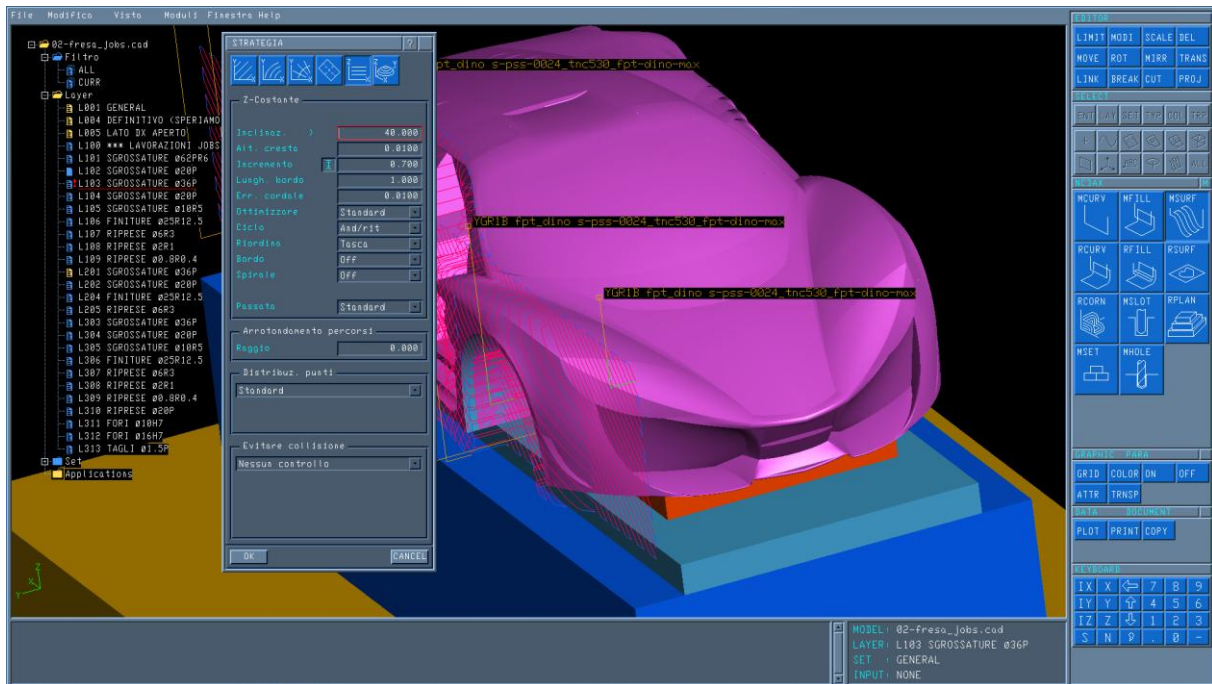
Il più delle volte questa scelta avviene in base all’esperienza dell’operatore CAM, che può cercare anche di rifarsi a lavorazioni già eseguite su oggetti simili. Nel nostro caso, per la prima fase di sgrossatura si è scelta una fresa torica in widia (il materiale sarà lo stesso anche per le successive frese) con diametro nominale di 62 mm.



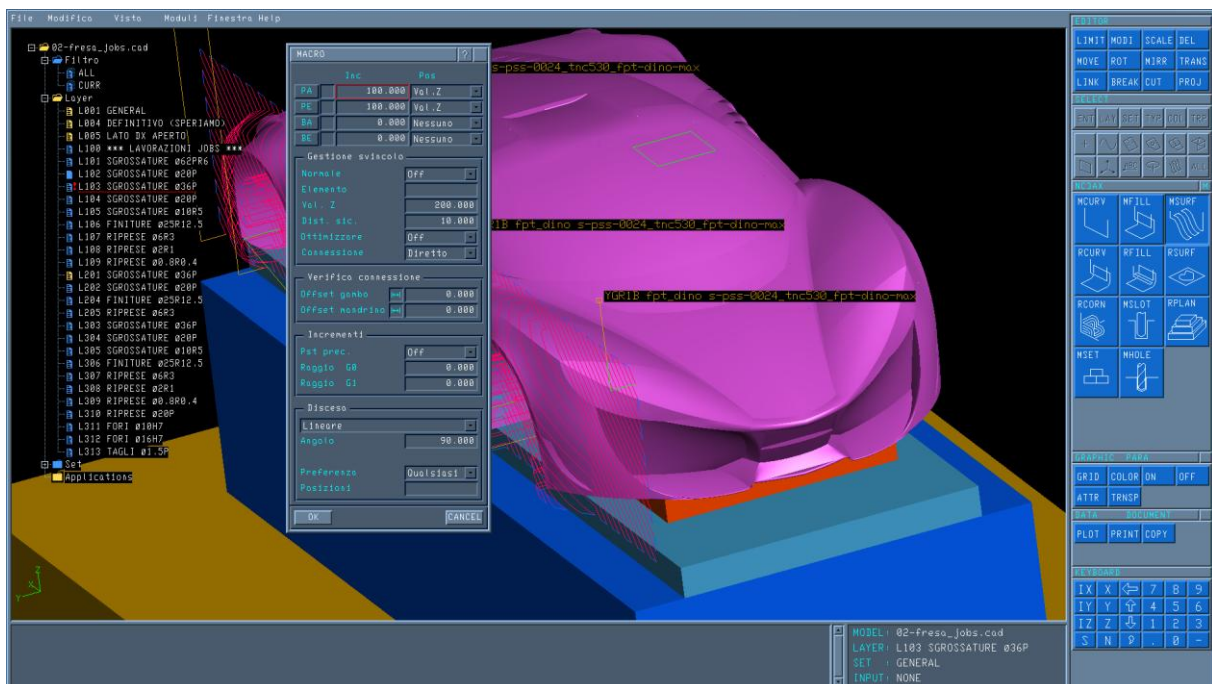
Successivamente, viene richiesta l'area che l'utensile dovrà scansionare, con quanto sovrametallo e da quale distanza dovrà partire la lavorazione per andare ad eliminare il materiale inizialmente in più.



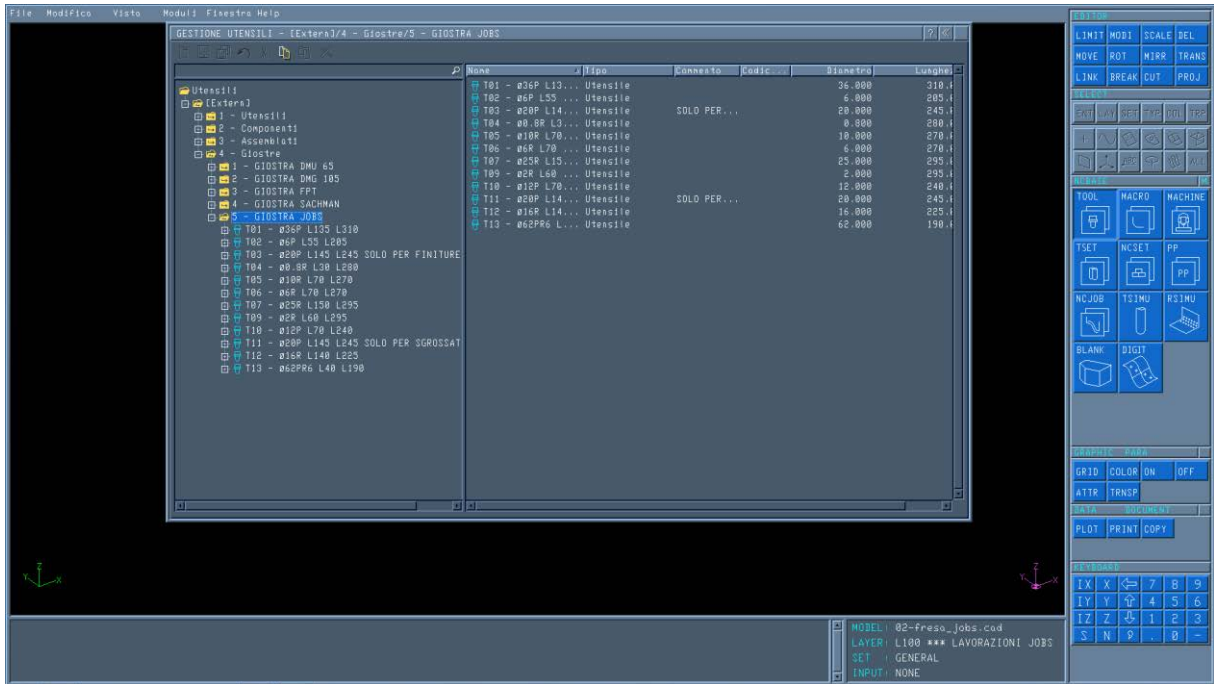
La terza fase viene definita "strategia" (immagine seguente), ed è l'unica che cambia tra sgrossatura, finitura e riprese, mentre le altre rimangono invariate. Essa definisce nient'altro che gli incrementi, sia laterali che lungo l'asse z, e vengono anch'essi decisi in base all'esperienza.



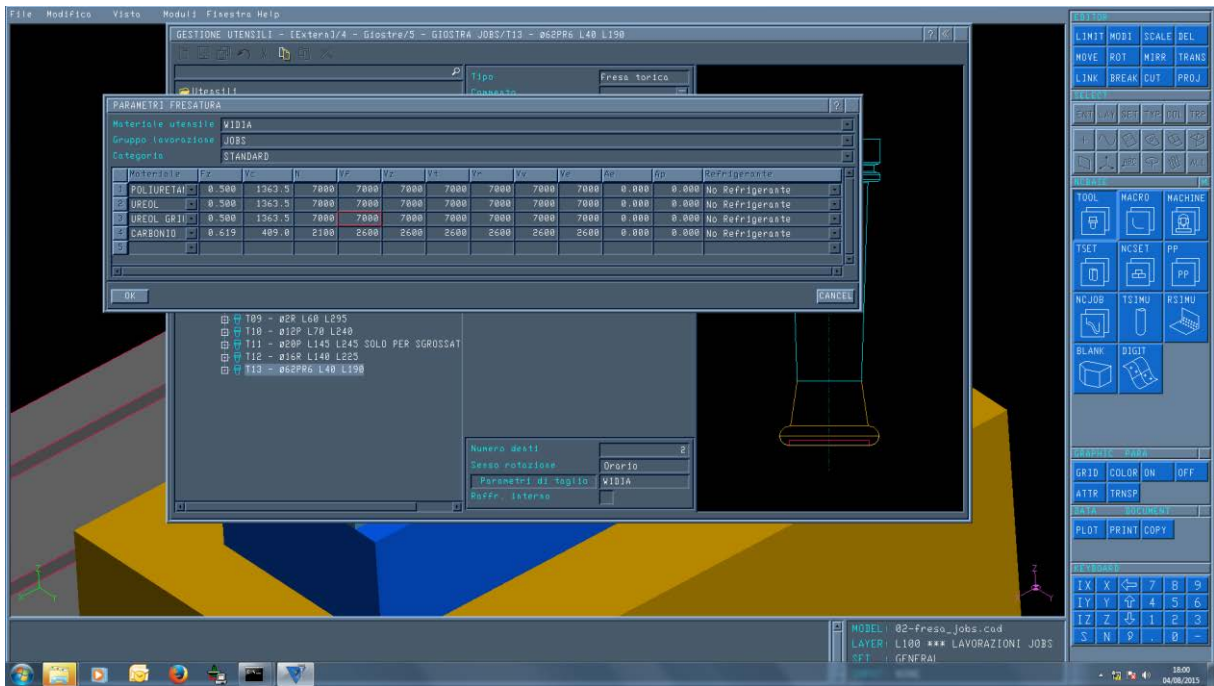
La quarta fase è la cosiddetta “macro”, in cui si dà indicazione alla macchina utensile su cosa fare quando l’utensile in tutti i frangenti non è a contatto col pezzo. Si stabiliscono in pratica le posizioni che la testa deve assumere quando si avvicina al pezzo e quando esce dal contatto con lo stesso (gli svincoli lungo l’asse verticale z, in pratica).



La quinta e ultima fase riguarda la scelta della macchina utensile, in particolare la testa (con la cosiddetta “giostra utensili”). Le diverse teste, infatti, si differenziano tra loro non solo per gli ingombri, ma anche per i cinematici.



In questa fase vengono anche scelti, ed eventualmente modificati, i parametri tecnologici (o di taglio), come ad esempio il numero di giri al minuto e la velocità di avanzamento: dato infatti l'avanzamento al dente, si calcola il numero di giri e, di conseguenza, si ricava la velocità di avanzamento dell'utensile sul pezzo.



I parametri espressi secondo la simbologia ISO diventano:

v_c = velocità di taglio (m/min)

z = numero dei denti

n = velocità di rotazione (giri/min)

f_z = avanzamento al dente (mm/dente)

f_n = avanzamento al giro (mm/giro)

v_f = avanzamento al minuto (mm/min)

Φ = diametro fresa (mm)

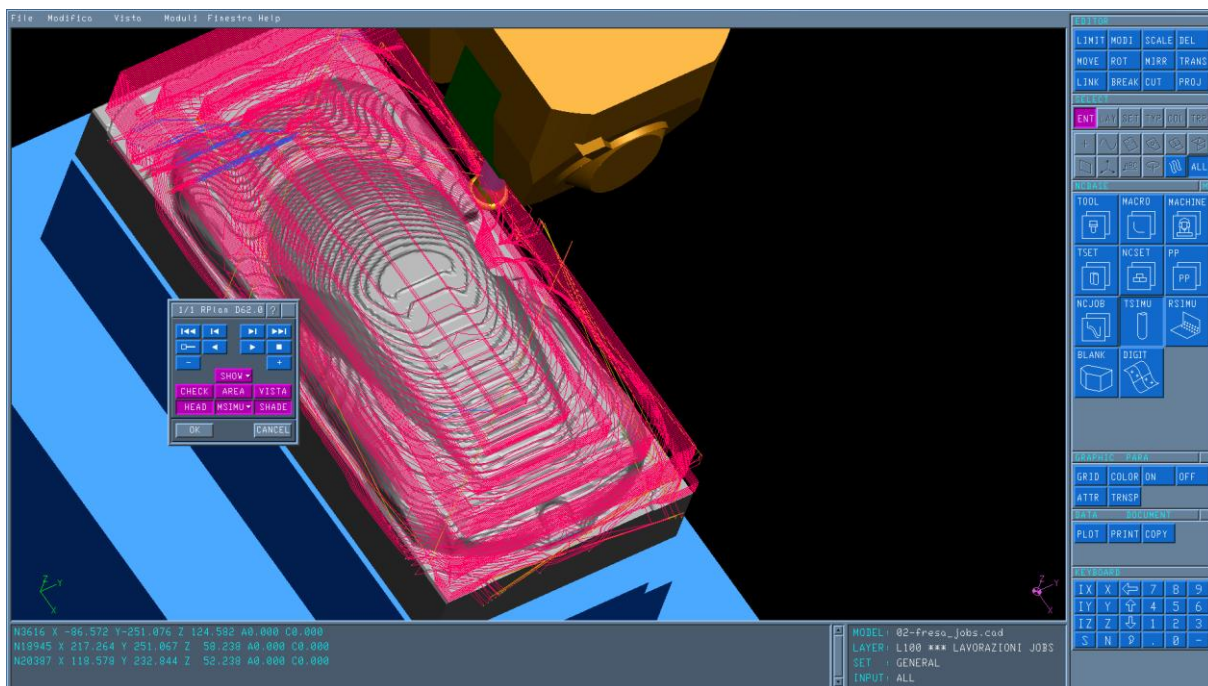
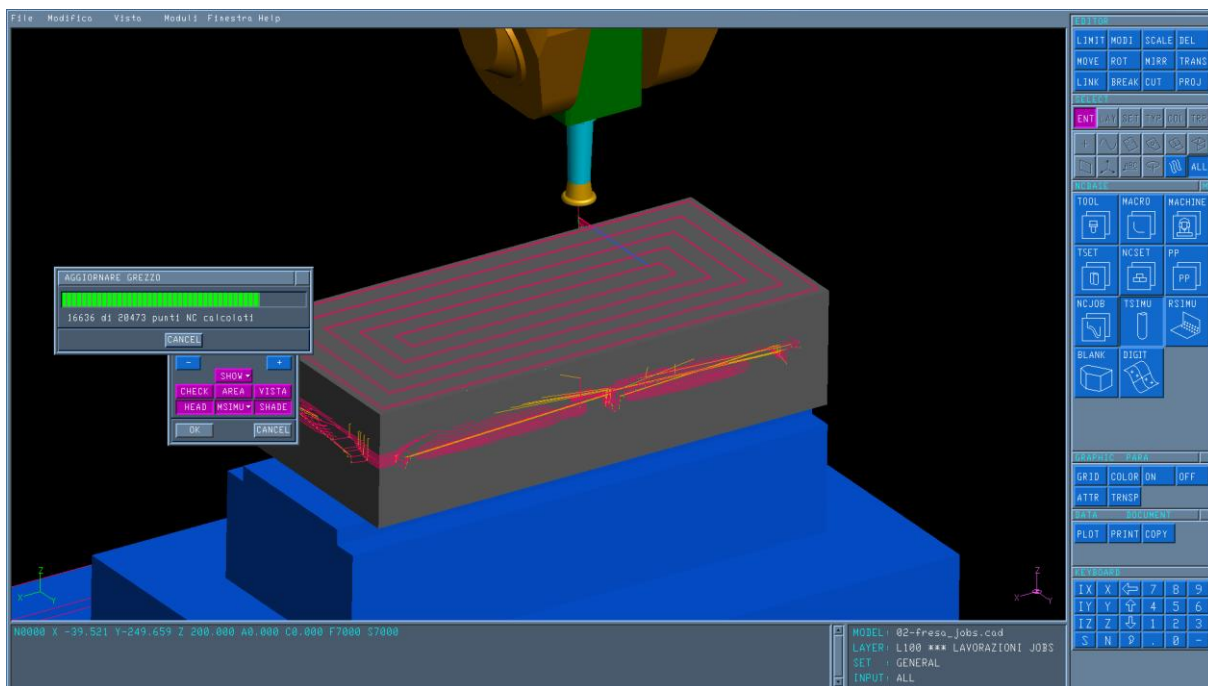
E in formule si traducono nel modo seguente:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot \Phi}$$

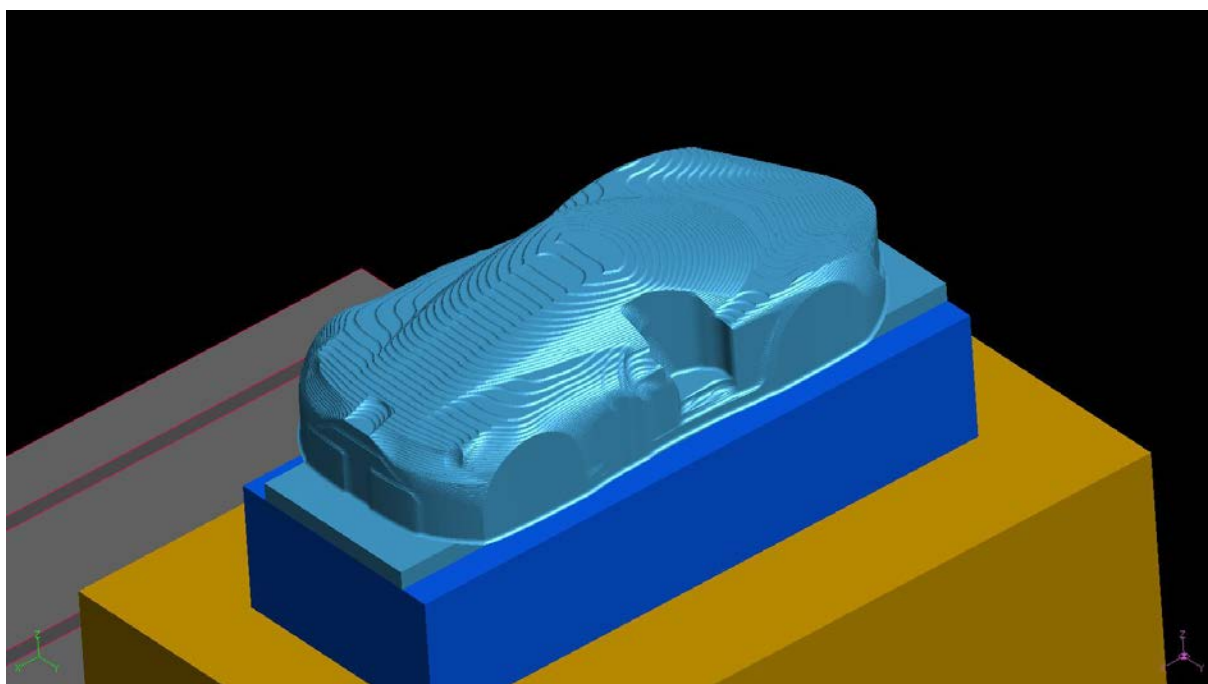
$$v_f = z \cdot f_z \cdot n$$

La macchine utensili scelte per questo tipo di lavoro sono delle fresatrici a 5 assi, in cui gli assi di movimento traslatorio sono di fatto x, y e z, mentre gli assi di rotazione sono quello attorno all'asse utensile e quello intorno ad un asse perpendicolare ad esso.

Negli screenshot sottostanti si possono notare la simulazione del calcolo della sgrossatura e, in rosso, il percorso utensile.



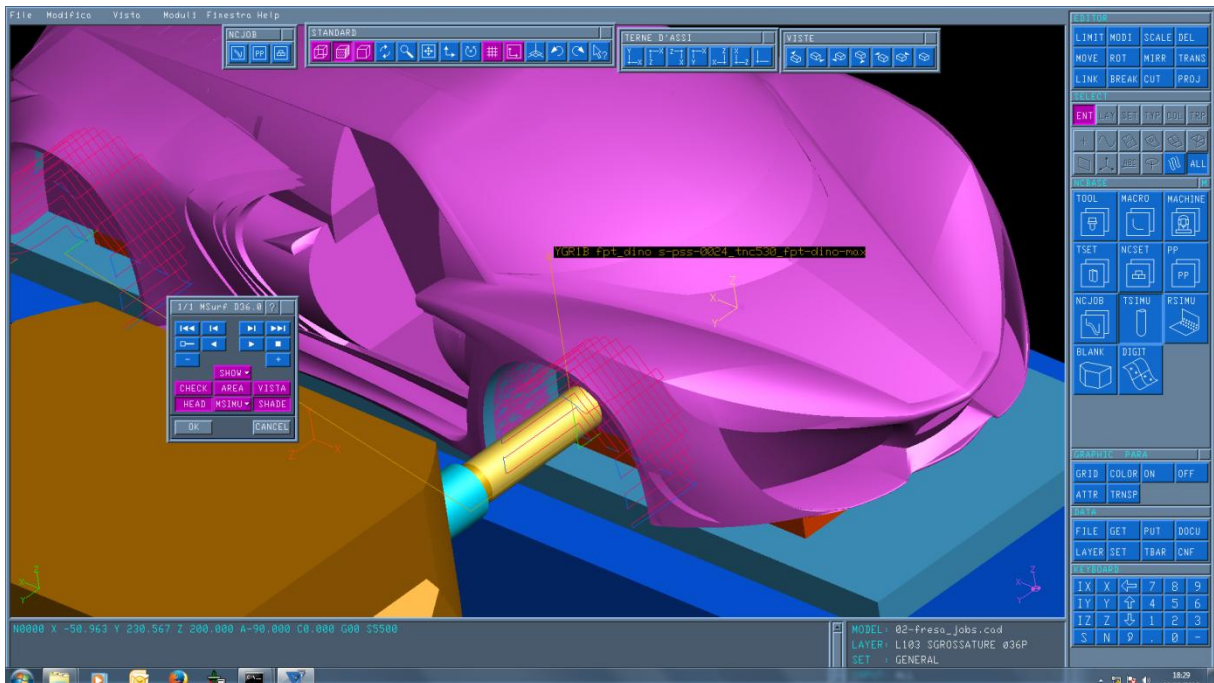
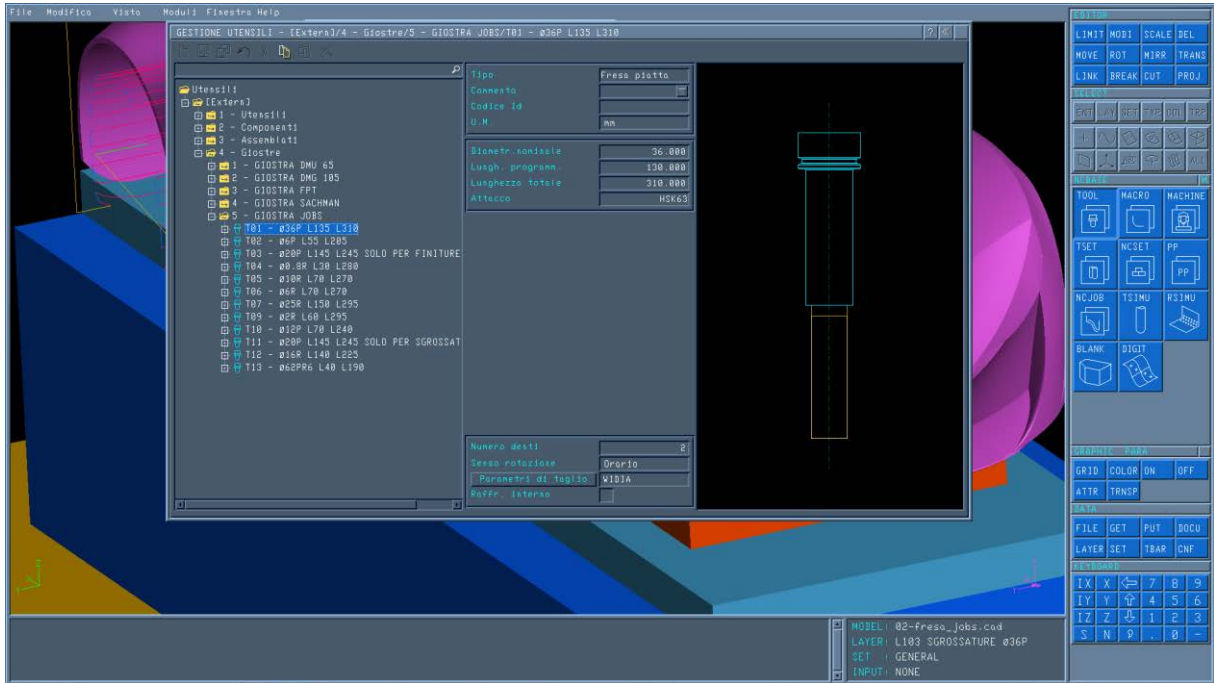
Qui di seguito, invece, viene riportata la mesh dopo la prima fase di sgrossatura



e la relativa foto durante la lavorazione reale.

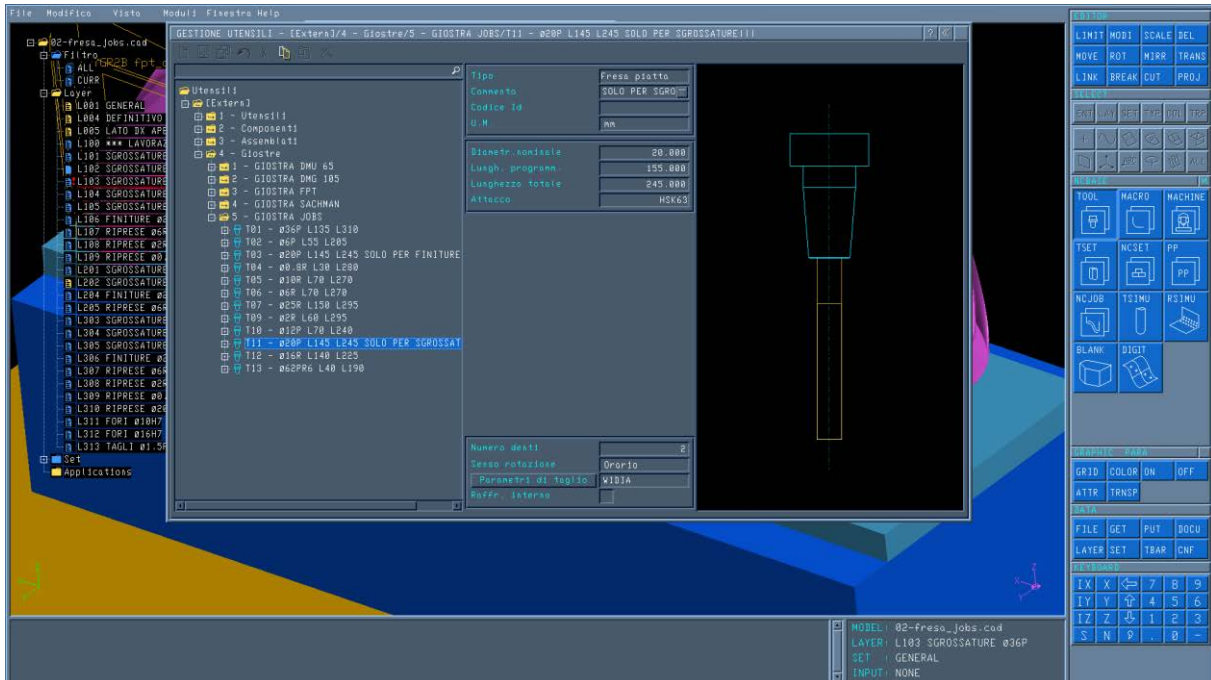


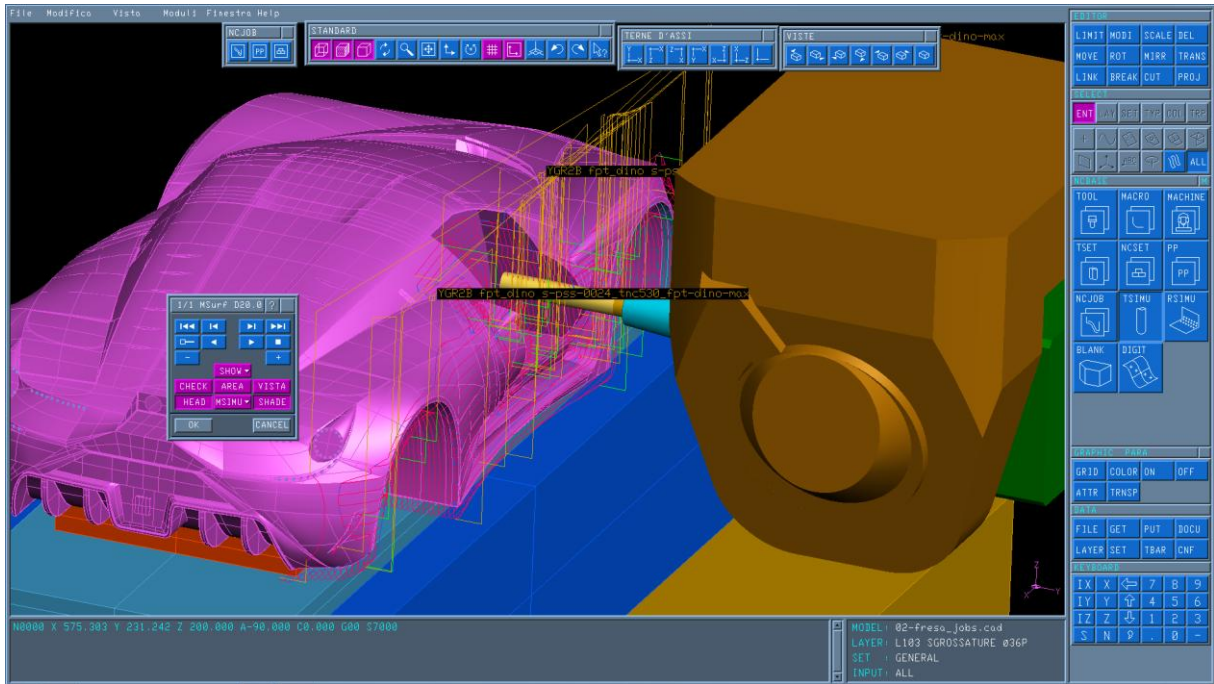
Poi si è montata una fresa piatta più piccola, sempre in widia, di diametro nominale 36 mm per andare a scavare dentro ai passaruota e nella cavità creata dalla portiera in posizione aperta.



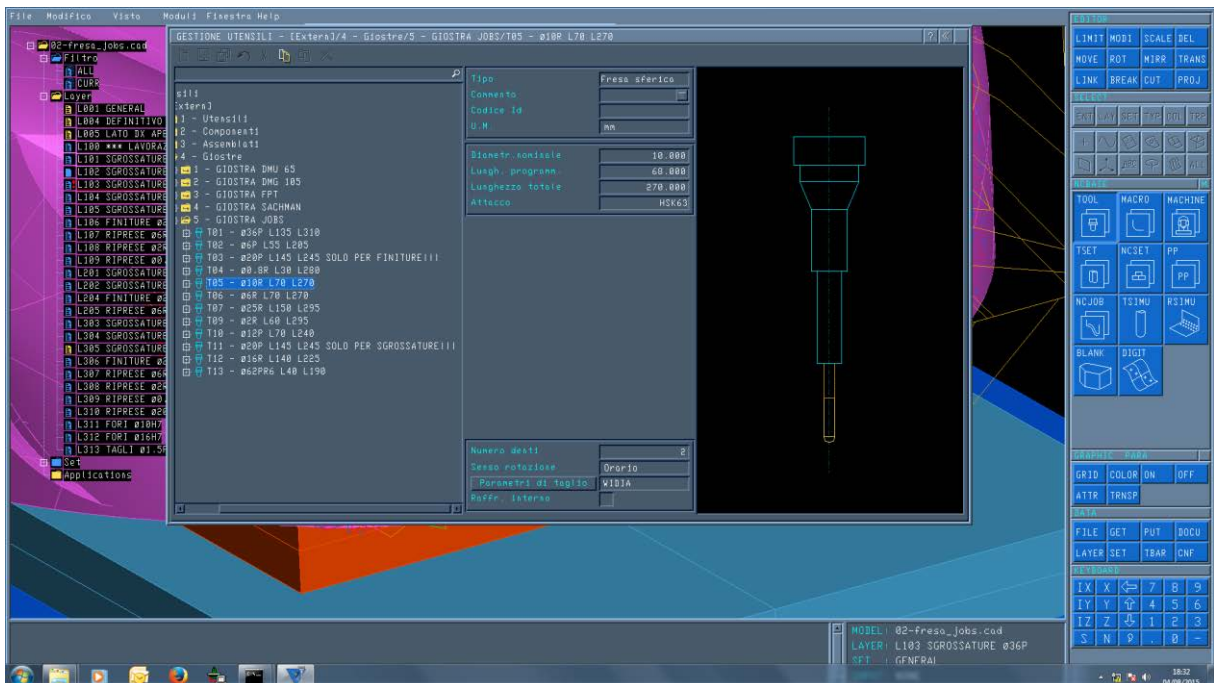


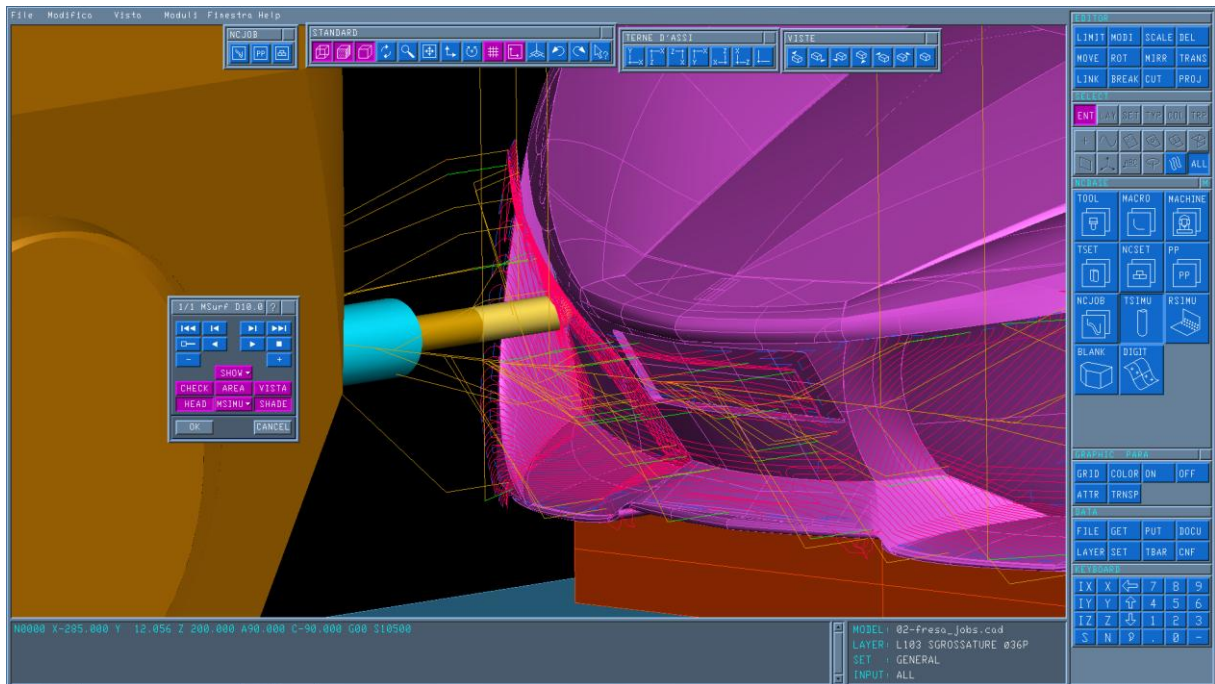
Successivamente, si è montata una fresa piatta ancora più piccola (diametro nominale 20 mm) con cui si è potuto ridurre il sovrametallo.



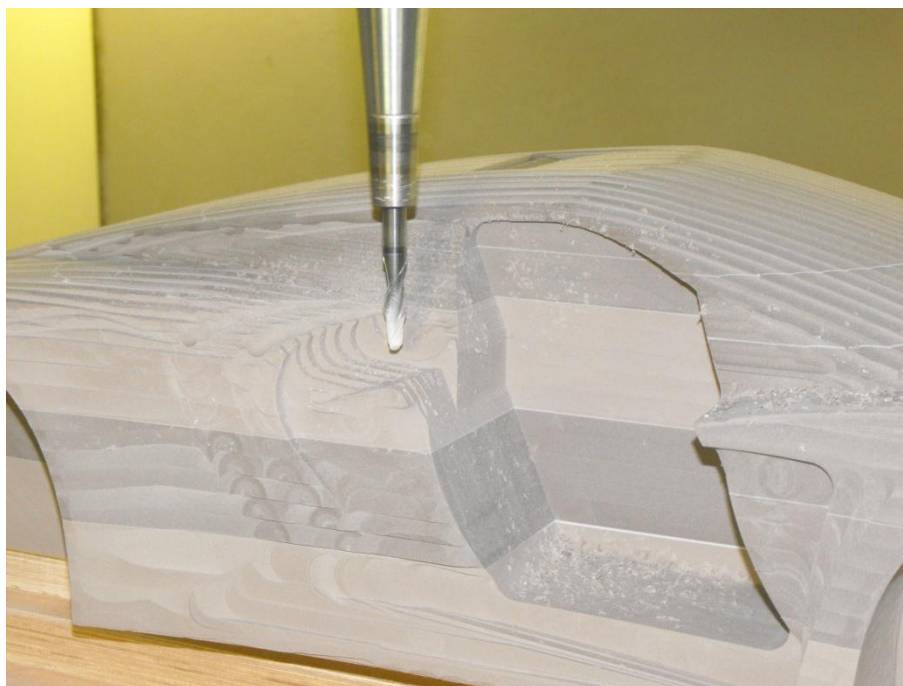


Per eseguire la sgrossatura delle prese d'aria anteriori, si è invece scelto di adottare una fresa sferica con diametro nominale di 10 mm a causa della complessità della zona da fresare e degli spazi più ristretti rispetto alle fasi di sgrossatura precedenti.



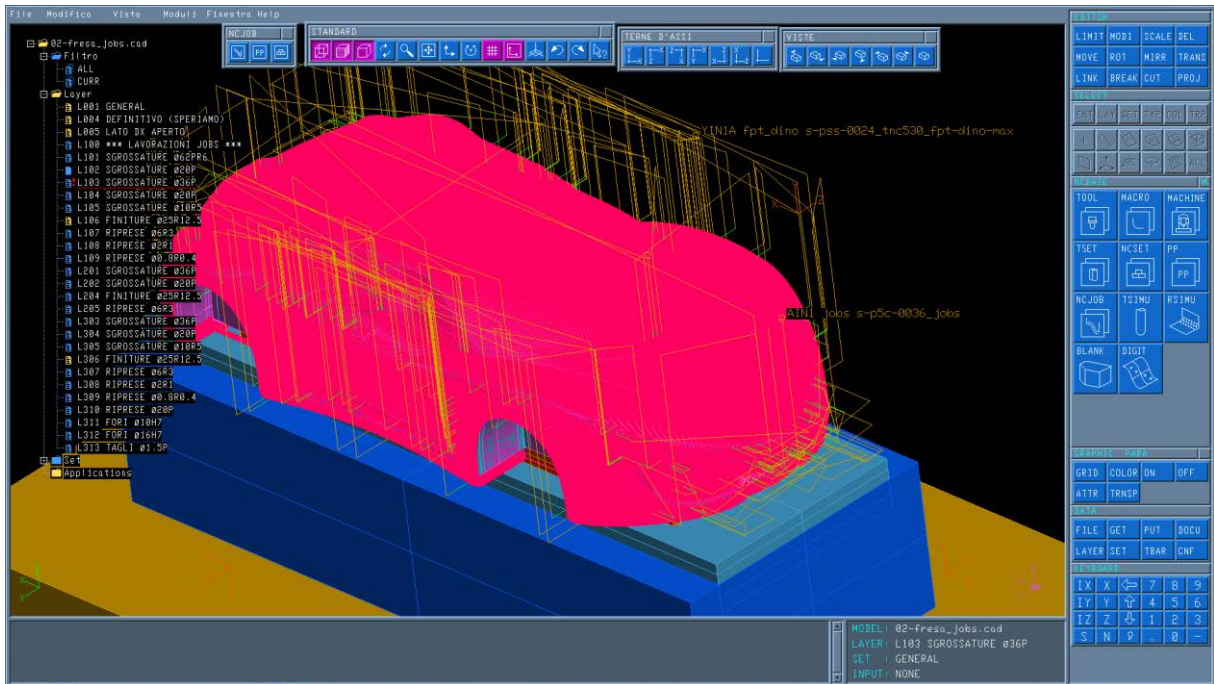


In foto, la fresa appena citata.



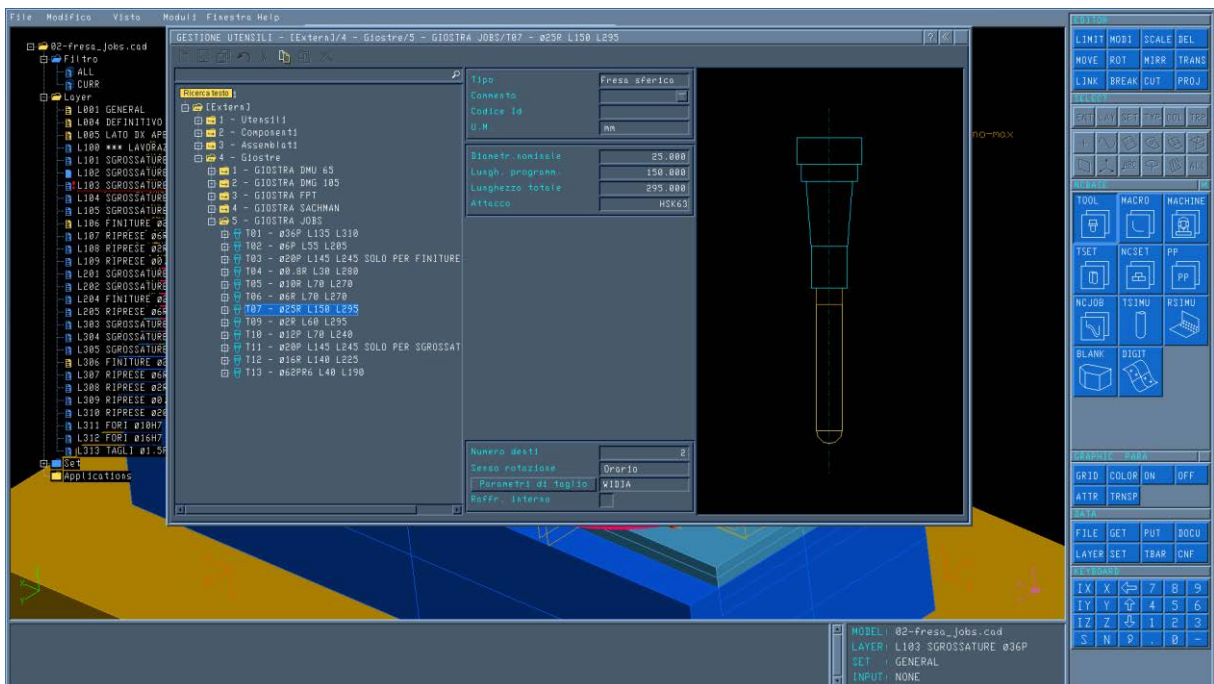
FINITURA.

La seconda fase vede l'impiego, nel nostro caso, di una fresa sferica e scansiona tutta la forma a sovrametallo zero. Nell'immagine si vedono i percorsi utensili della finitura, in rosso.



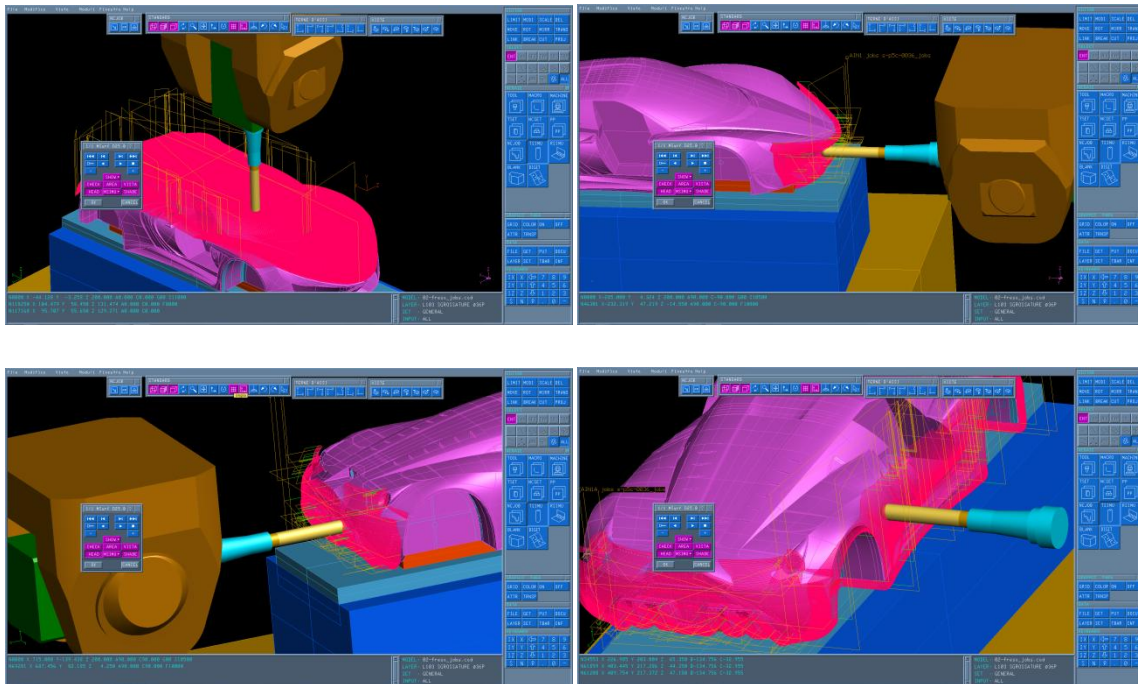
A differenza della sgrossatura, questa non richiede il presidio da parte di un operatore e può quindi proseguire anche durante la notte, ad esempio. Qui, le superfici con raggiatura più ampia possono essere freate anche con frese con un diametro di utensile piuttosto ampio, mentre le superfici restanti che più si avvicinano ad uno spigolo vivo, e che quindi presenteranno del materiale residuo, richiederanno l'uso di un diametro di utensile più piccolo.

Si parte infatti con una fresa con diametro nominale di 25 mm.





La finitura, come la sgrossatura, avviene cambiando l'inclinazione della testa della macchina utensile a seconda delle esigenze. Nella prima delle immagini sottostanti si osserva la fase di finitura con testa dritta, a differenza delle altre che vedono l'impiego della testa inclinata.



In foto, il modello durante la finitura.

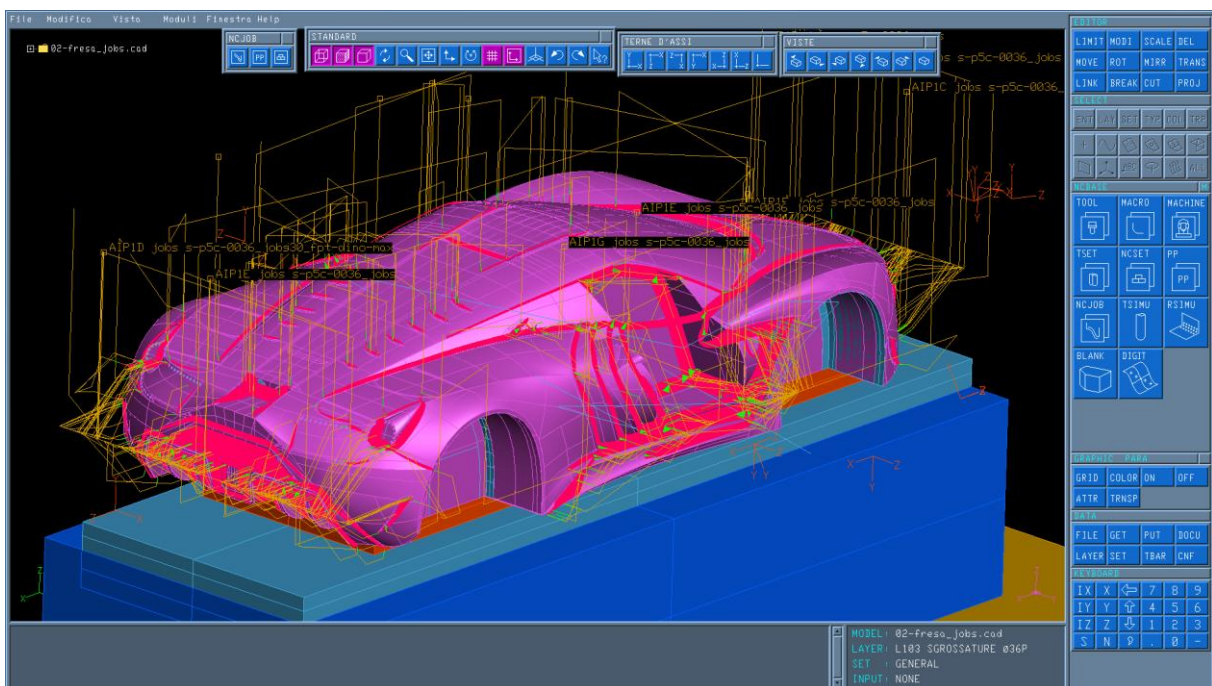
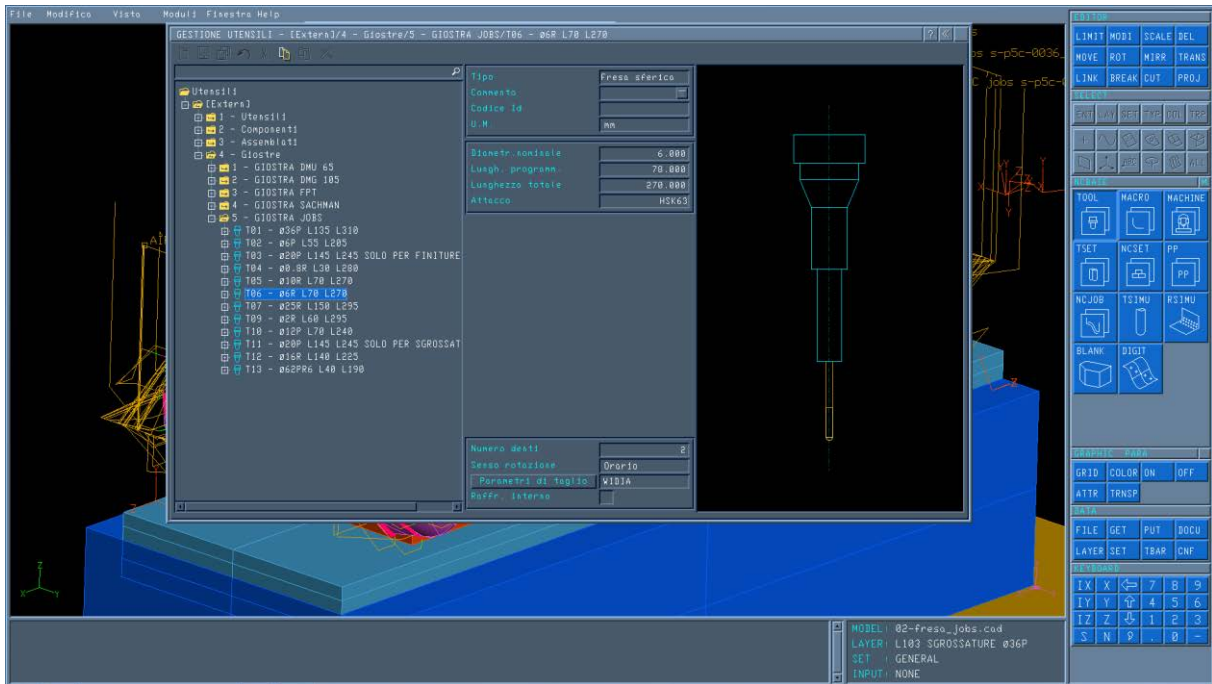


Al termine della finitura, la superficie del pezzo fresato presenta una precisione data dal raggio dell'ultima fresa utilizzata. Per cui, al fine di realizzare le zone caratterizzate da una precisione maggiore e da superfici più complesse (oltre che più lisce) si rende necessaria la fase successiva, quella delle riprese. Con essa, infatti, sarà possibile fresare anche le parti del modello caratterizzate da veri e propri spigoli vivi.

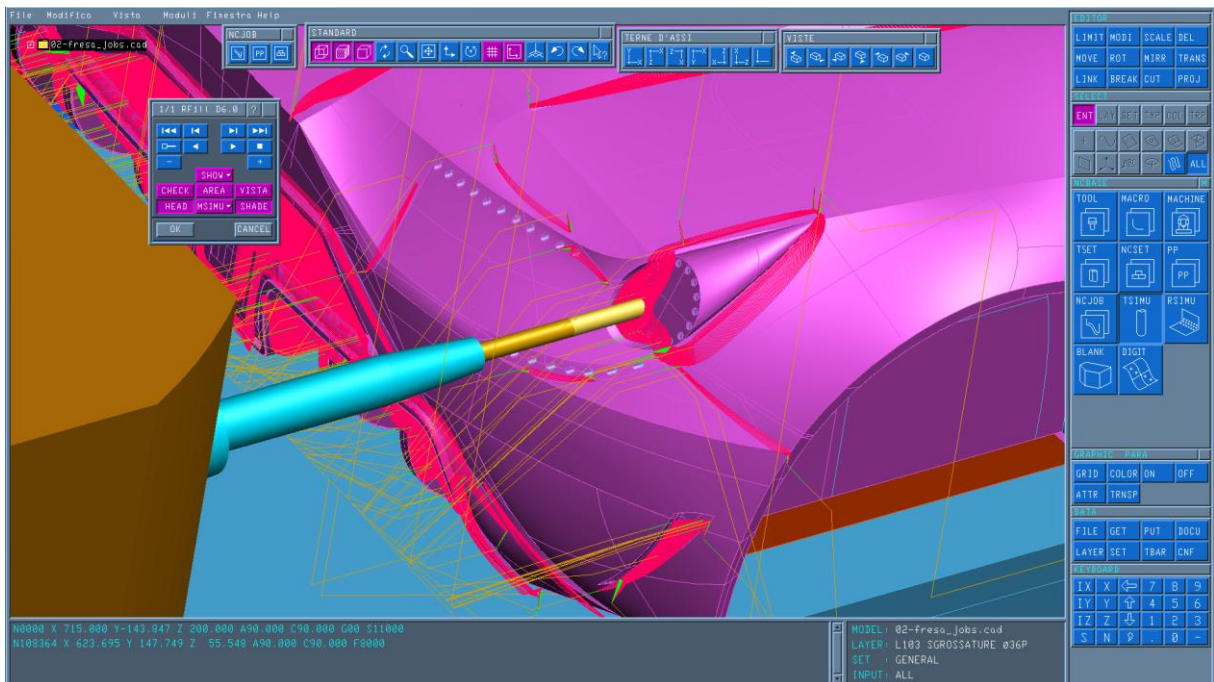
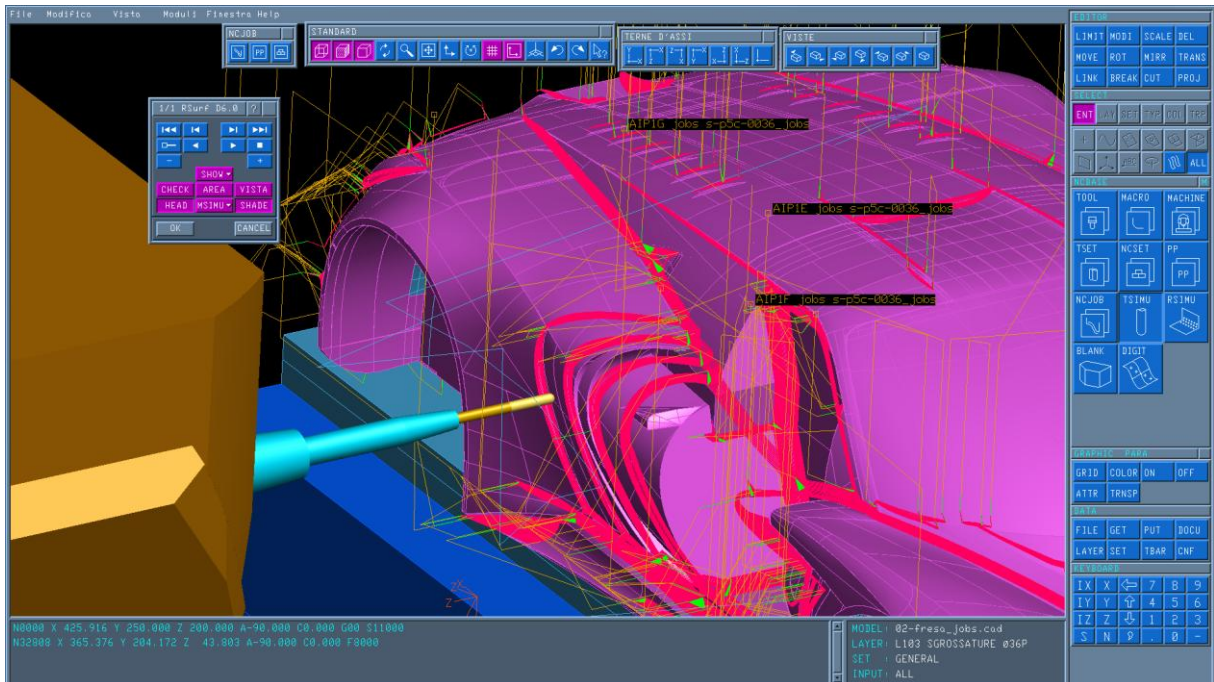
RIPRESE.

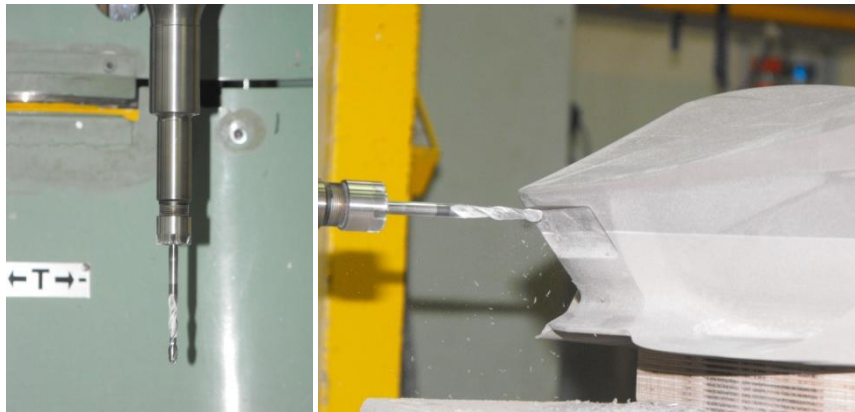
L'ultima fase è generalmente la più breve, ma può risultare anche la più insidiosa, ed è quella in cui si realizzano gli ultimi dettagli come le tracciature delle fughe e quelle di fine pezzo, i fori e ad esempio le spianature dei passaruota. Si lasciano generalmente per ultime una volta finito il pezzo.

La fresa che si è scelto di utilizzare per le riprese dei foderi porta, ad esempio, è quella sferica con diametro nominale di 6 mm, e anche le altre zone in rosso (in figura) vengono interessate dal suo passaggio.

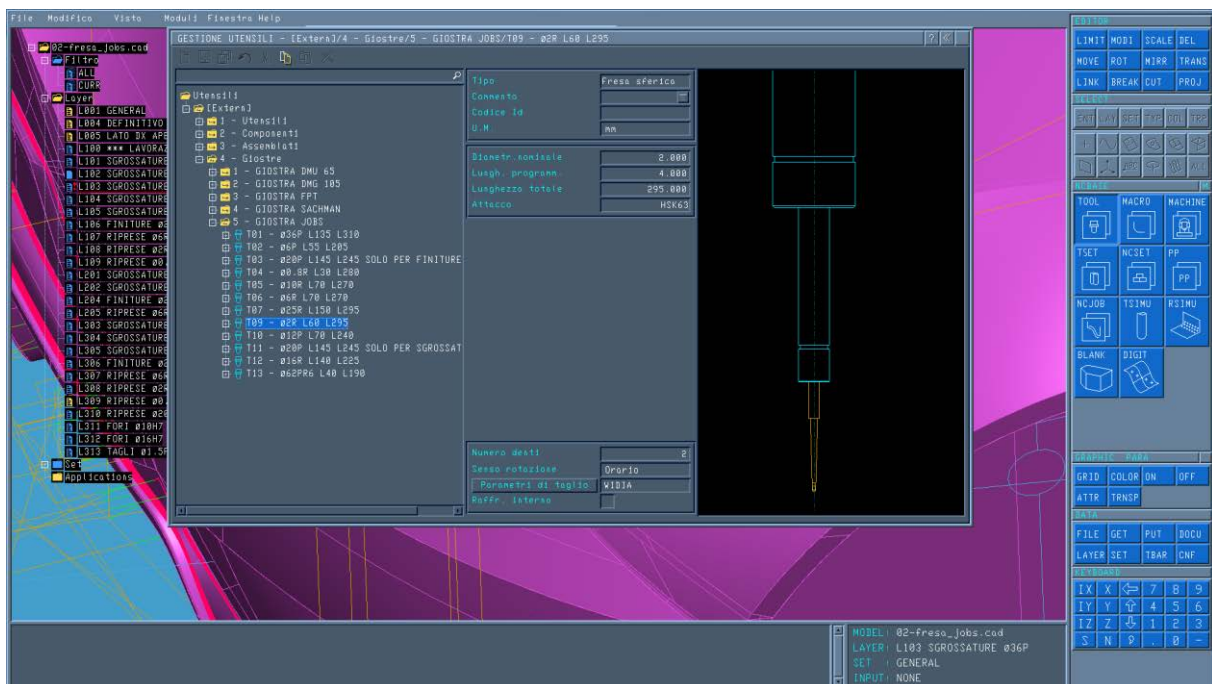


Gran parte delle riprese, come si vede, viene eseguita con la testa della macchina utensile inclinata.

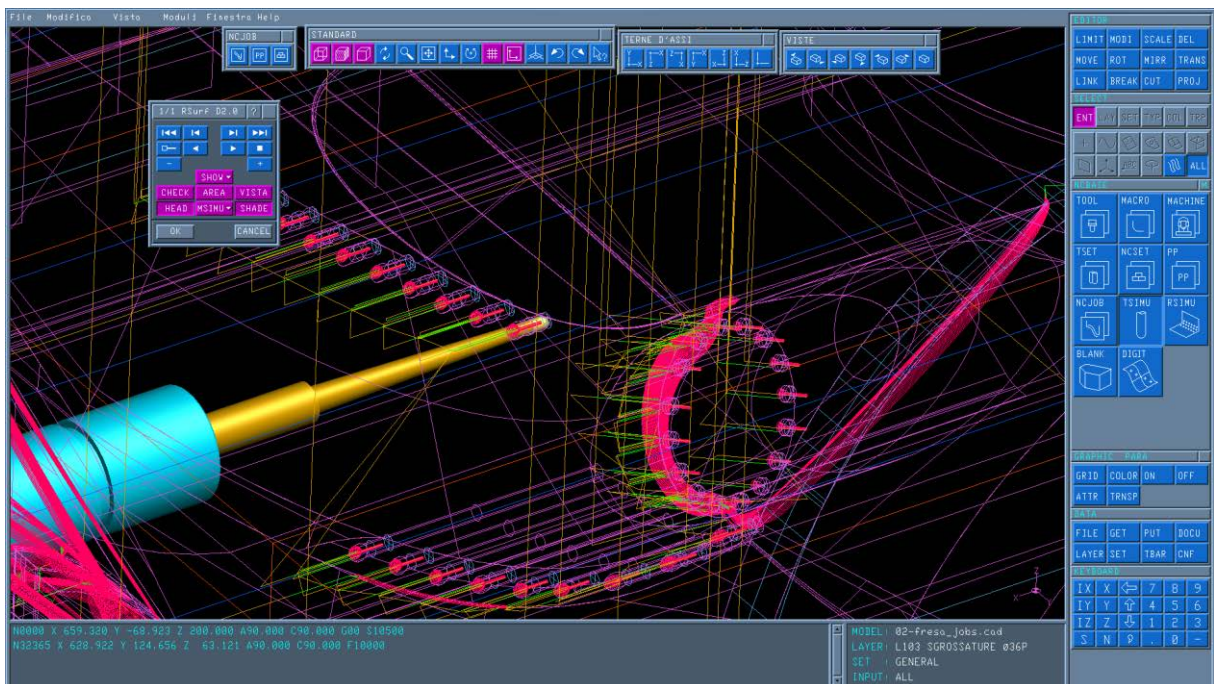
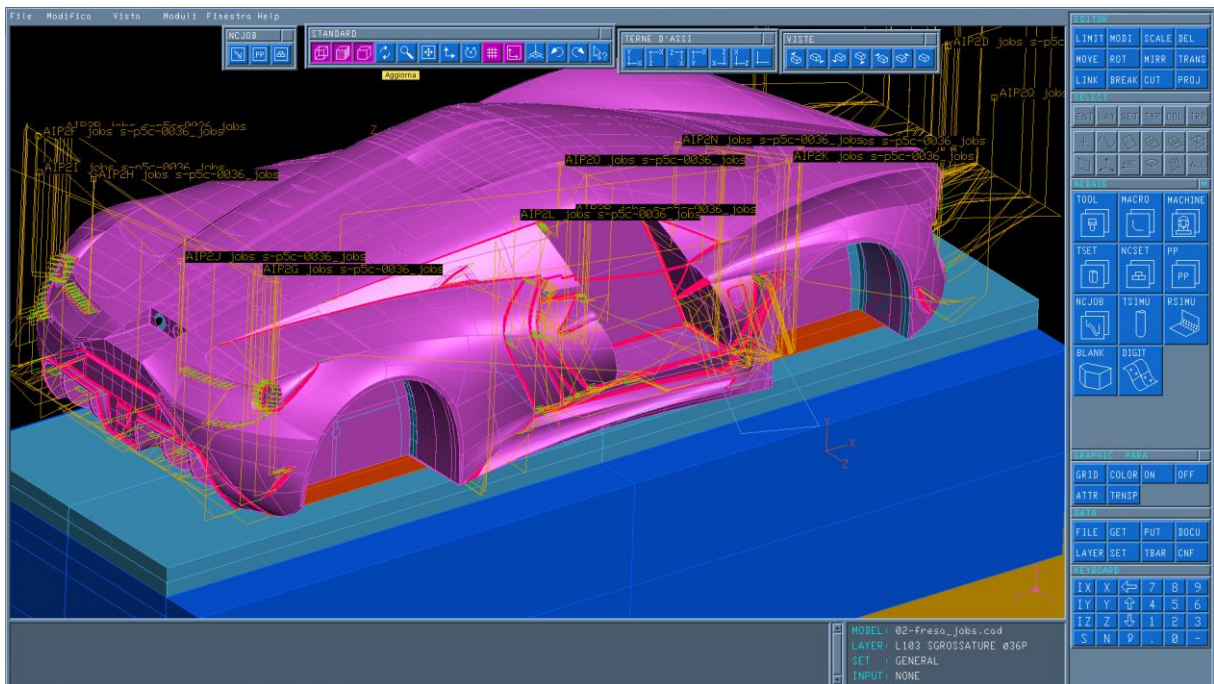




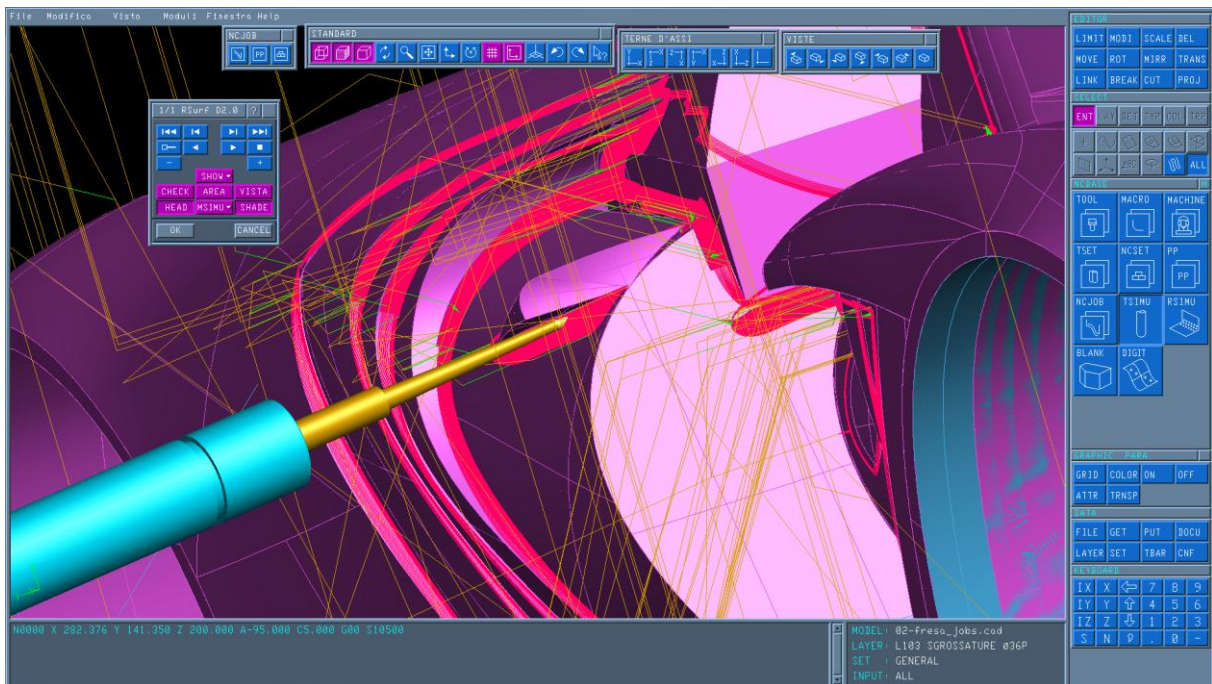
Da qui in avanti si procede andando ad utilizzare frese con un diametro sempre minore. Per i fori dei fari posteriori (a rappresentare dei led), ad esempio, si è optato per una sferica con diametro nominale di 2 mm ed è stata usata anche per realizzare dei particolari in sottosquadro.



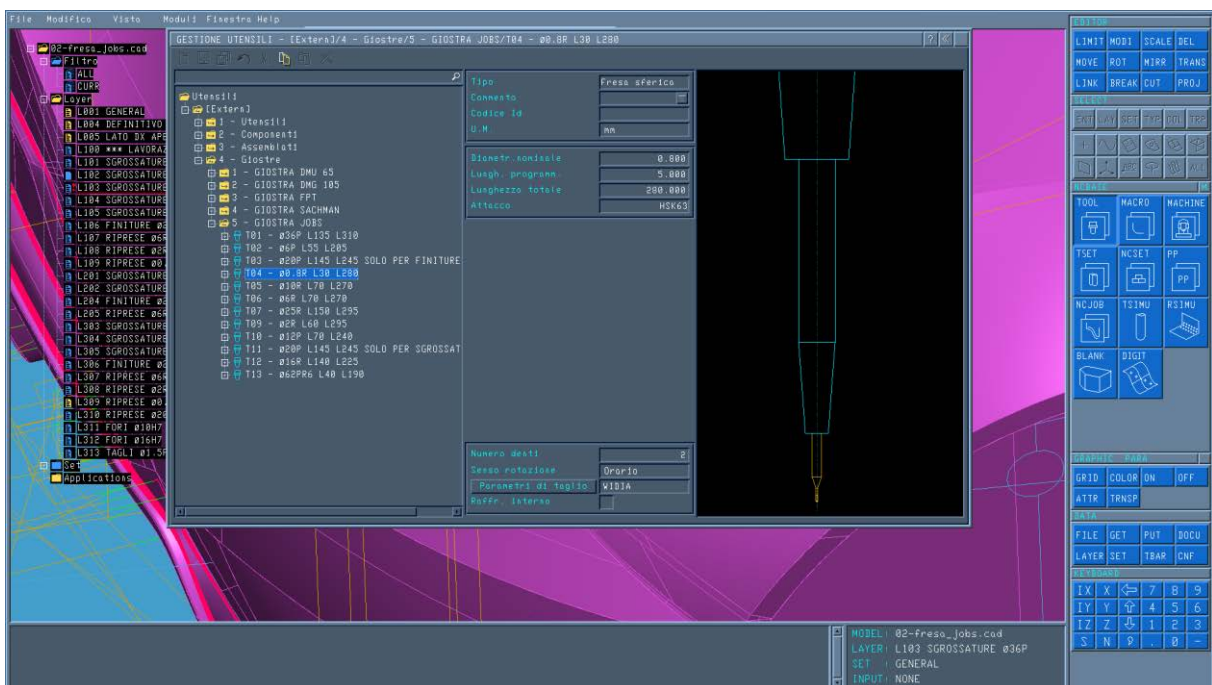
In basso, il percorso utensile relativo a questa fase e le zone interessate dal passaggio della fresa.

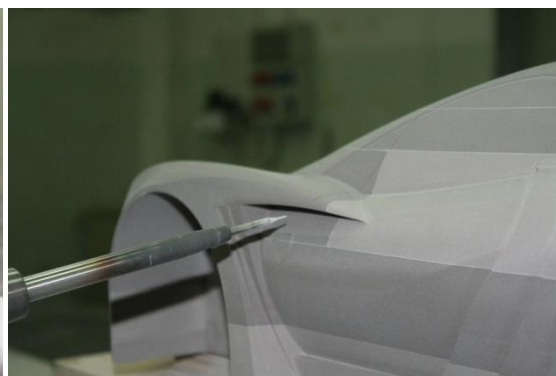
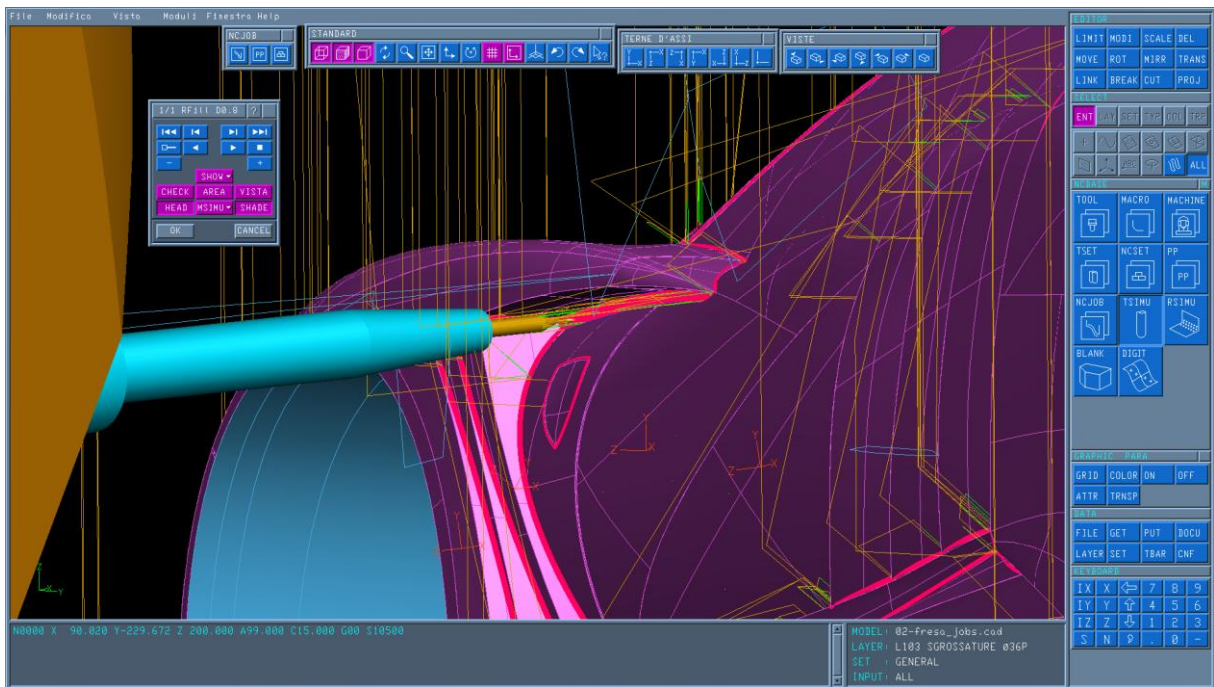
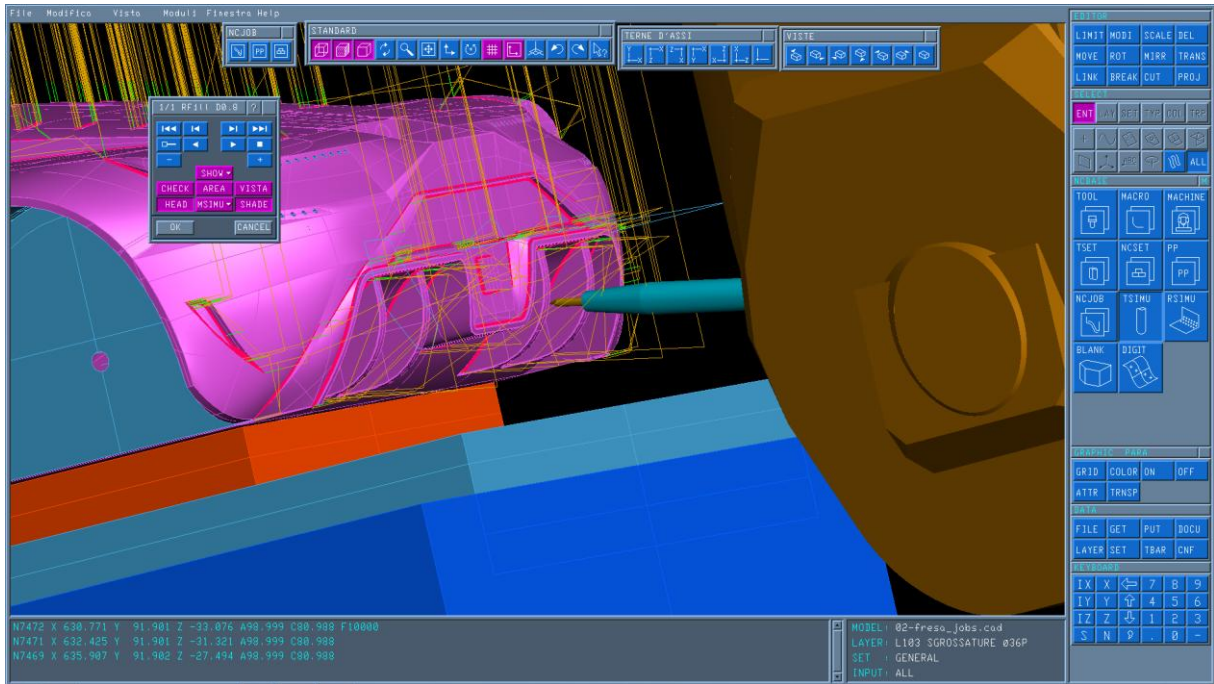


Dall'immagine seguente, invece, si può apprezzare l'inclinazione assunta dalla testa della macchina utensile dovuta alla presenza di una zona in sottosquadro.



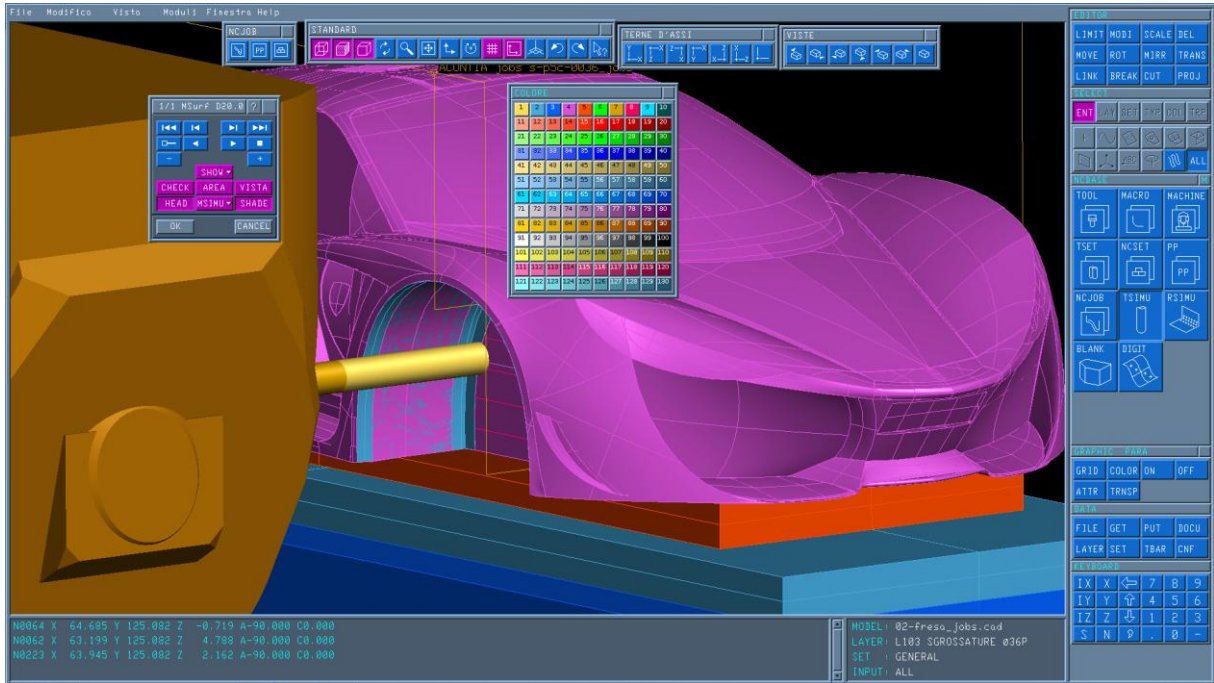
Per gli spigoli vivi, invece, la scelta è ricaduta su una fresa sferica con diametro nominale di 0.8 mm con la testa a diverse inclinazioni.



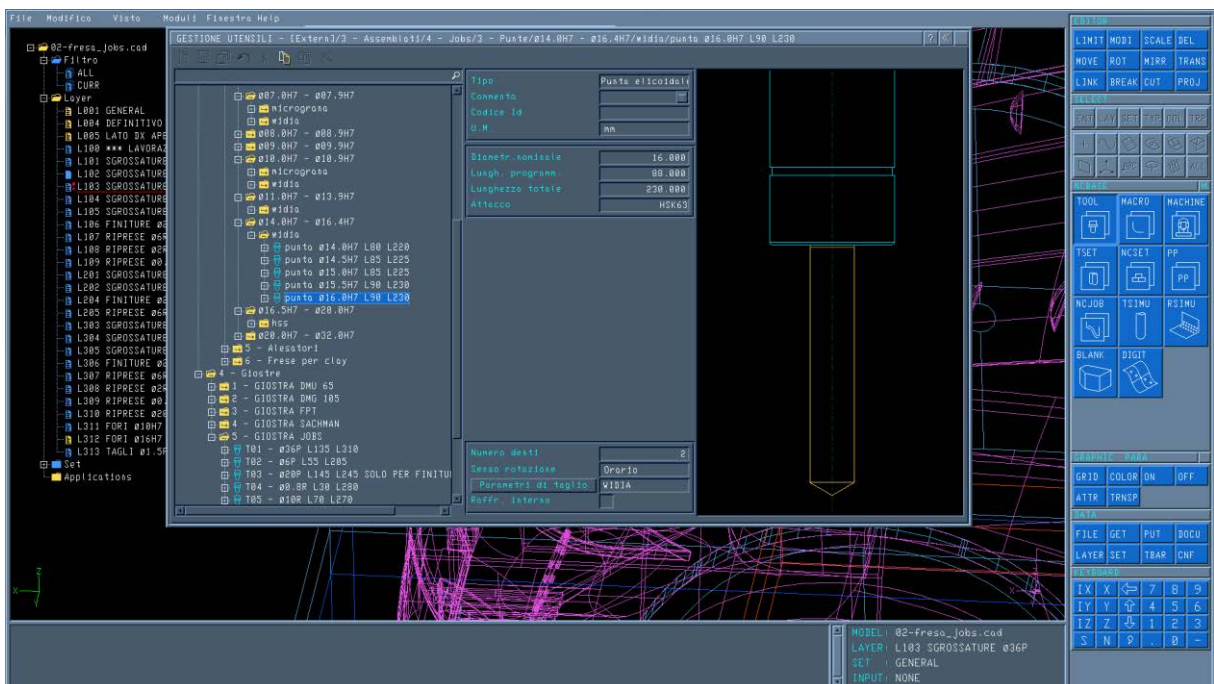


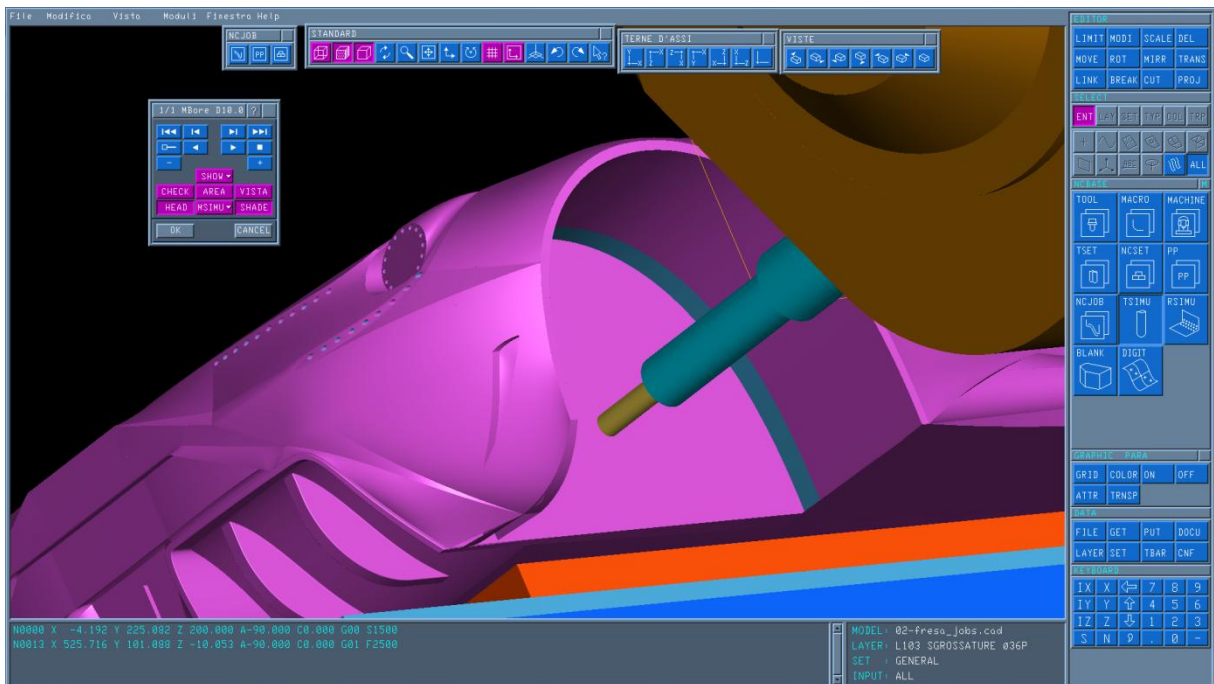
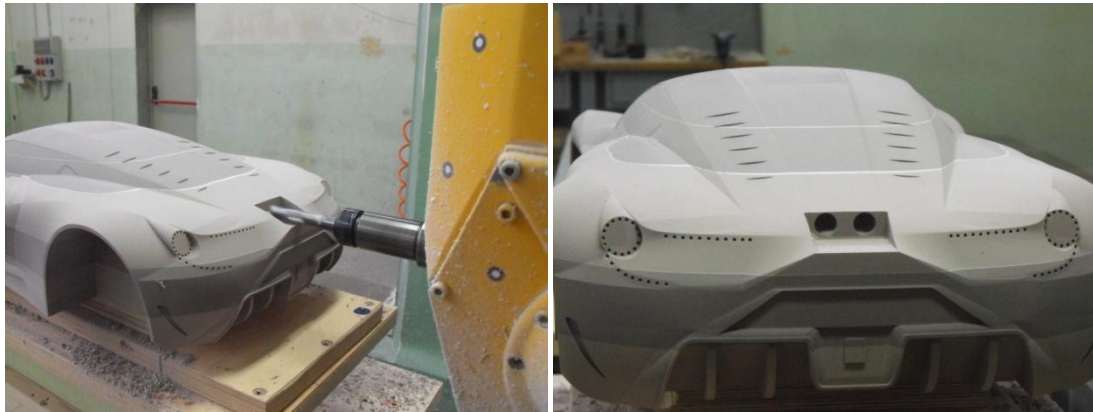
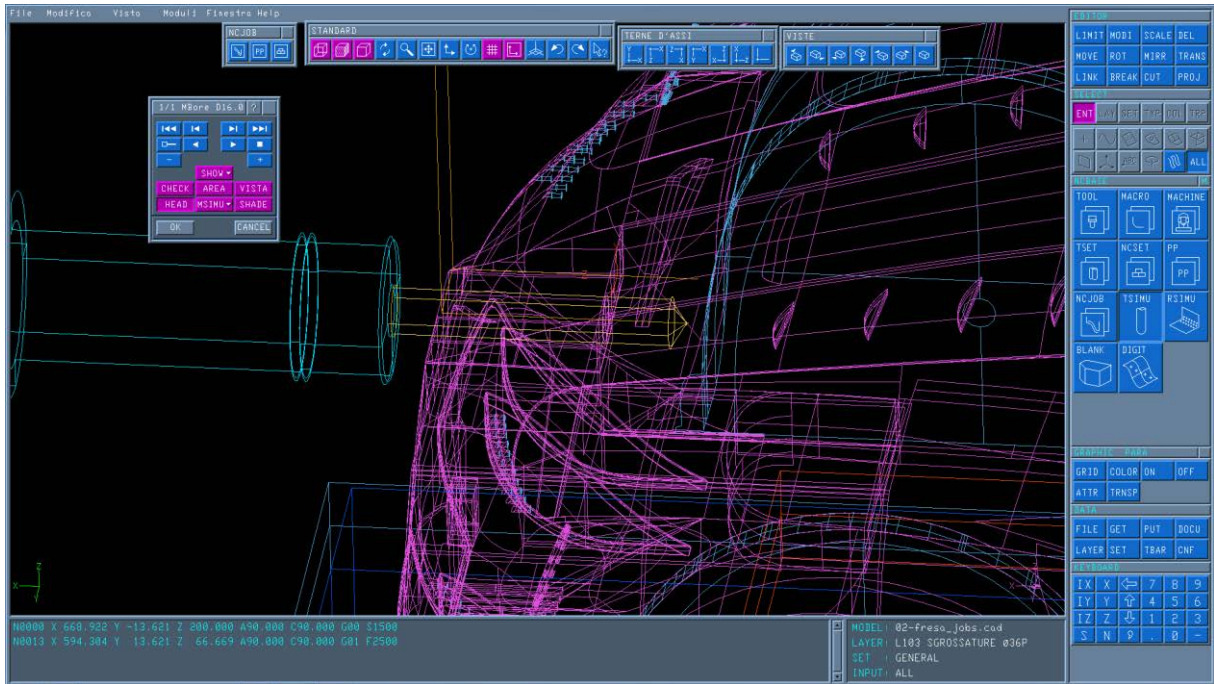
La presenza di questi spigoli non ha rappresentato un grosso problema, in quanto non vi era la necessità di applicare nessun strato di fibra di carbonio (che ha bisogno invece di raggiature, anche minime) a nessun componente del modello.

Si è montata poi una fresa piatta del diametro nominale di 20 mm per spianare il passaruota.



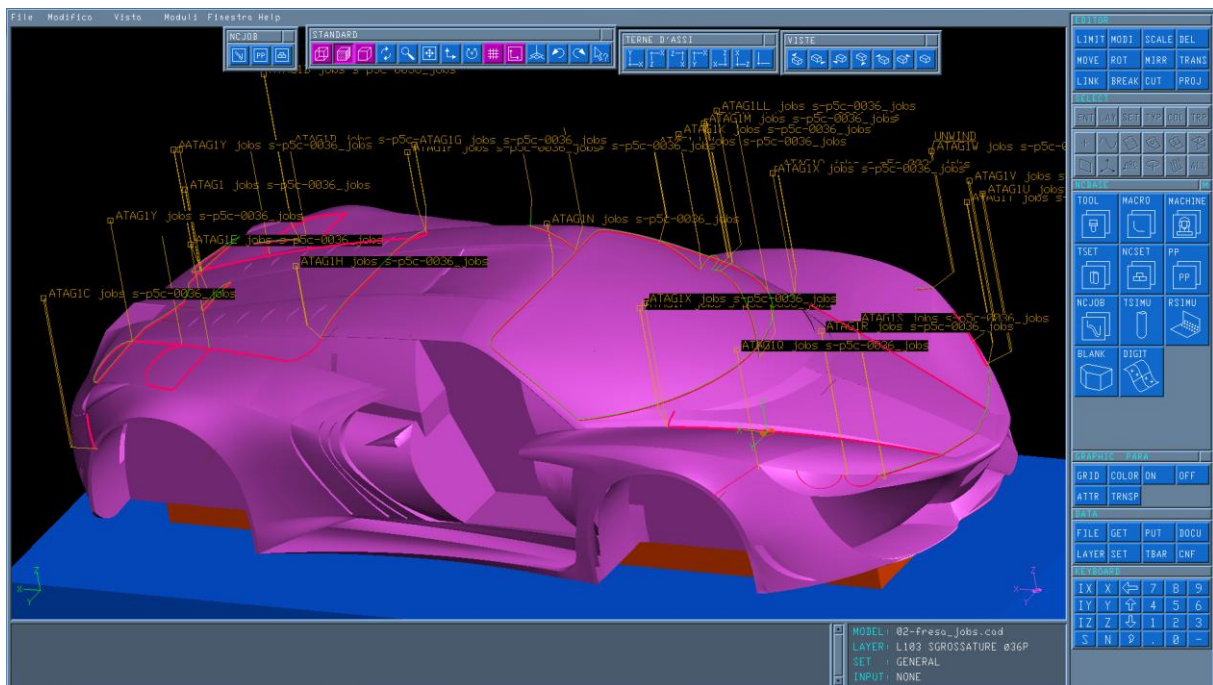
Gli alloggiamenti per gli scarichi hanno richiesto una fresa a punta con diametro nominale di 16 mm perché c'era da forare il modello, mentre quelli delle ruote son stati fatti con una a punta col diametro nominale di 10 mm.



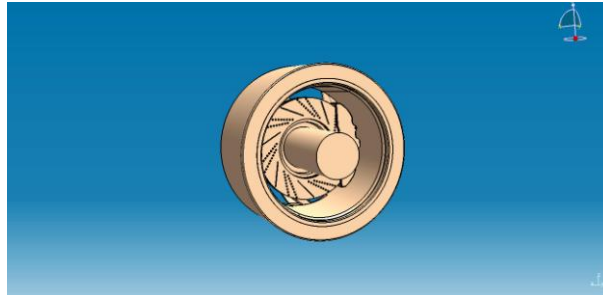




Alcune tracciature per i tagli della carrozzeria (come quelle per la cornice del parabrezza) hanno sfruttato la tecnologia a 5 assi prevista dalle macchine utensili presenti in azienda e invece di una fresa piatta è stato scelto di adottare quella sferica da 0.8 mm vista in precedenza, di modo che non risultassero più larghi del necessario.



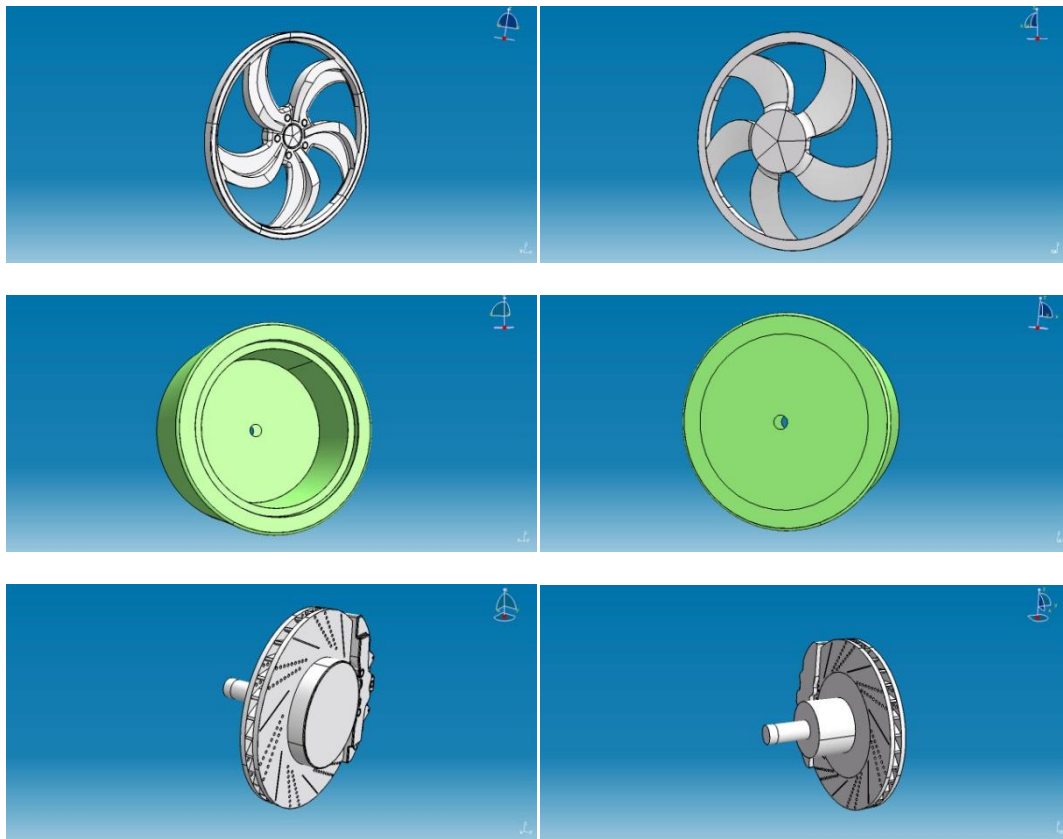
Per quanto riguarda invece gli pneumatici, i cerchi e il gruppo pinza-disco freno, si è ritenuto opportuno realizzarli ricorrendo alla prototipazione rapida (con una successiva passata al tornio per gli pneumatici), soprattutto per motivi di costi e di tempo. Per questo sono stati generati i file .STL richiesti dai macchinari dedicati, anche se in una configurazione leggermente diversa da quella pensata in origine. Infatti, all'inizio, i cerchi fungevano, tramite distanziale, da elemento portante di ciò che stava loro a monte, cioè di pinza e disco freno (fig. sotto).



Ma vista la conformazione particolare in cui sono stati disegnati, si sono verificati dei cedimenti nel modello in scala 1:24 in corrispondenza delle razze (vedi fig. sotto).



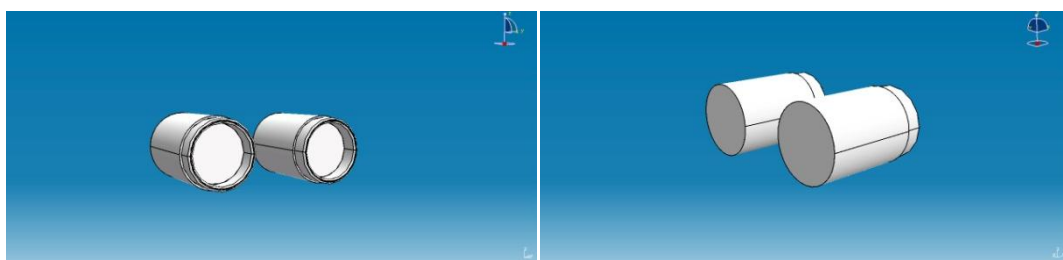
Per ovviare a questo, si è pensato allora di eliminare il collegamento diretto fra cerchio e mozzo ruota e di accoppiare il primo al pneumatico, e al corpo vettura mediante una piccola spina di centraggio, e di realizzare il secondo insieme al gruppo pinza-disco freno, collegati al pneumatico con un distanziale (immagini seguenti).



I 3 pezzi, una volta assemblati, si presentano come in figura:



Sempre in prototipazione, poi, sono stati realizzati anche gli scarichi (figg. sotto):



5.5 VERNICIATURA.

Terminate le fasi relative alle macchine utensili e alla prototipazione rapida, si è preparato il modello per l'ultima fase, quella di verniciatura.

Si è impiegata dapprima la carta abrasiva per la lisciatura di tutte le superfici del modello su cui, poi, è stato applicato il “fondo”, che sostanzialmente consente alla vernice di aderire in maniera adeguata al modello. Successivamente, si è passati alla verniciatura vera e propria presso la Carrozzeria Zanasi che, grazie alla sua collaborazione con Ferrari, ha reso possibile l'utilizzo di tecniche e di colori usati correntemente per le vetture di serie dall'azienda stessa. I colori scelti per il modello sono infatti quelli che si trovano sui modelli in scala del Centro Stile Ferrari: rosso come colore di fondo, grigio chiaro per fanali anteriori e scarichi, mentre grigio più scuro per le superfici vetrate, nero lucido per pneumatici e prese d'aria, nero opaco per le parti rimanenti. Si è scelto infine il giallo per le pinze dei freni e un grigio color carbonio per i dischi.



I colori scelti per il modello sono infatti quelli che si trovano sui modelli in scala del Centro Stile Ferrari: rosso come colore di fondo, grigio chiaro per fanali anteriori e scarichi, mentre grigio più scuro per le superfici vetrate, nero lucido per pneumatici e prese d'aria, nero opaco

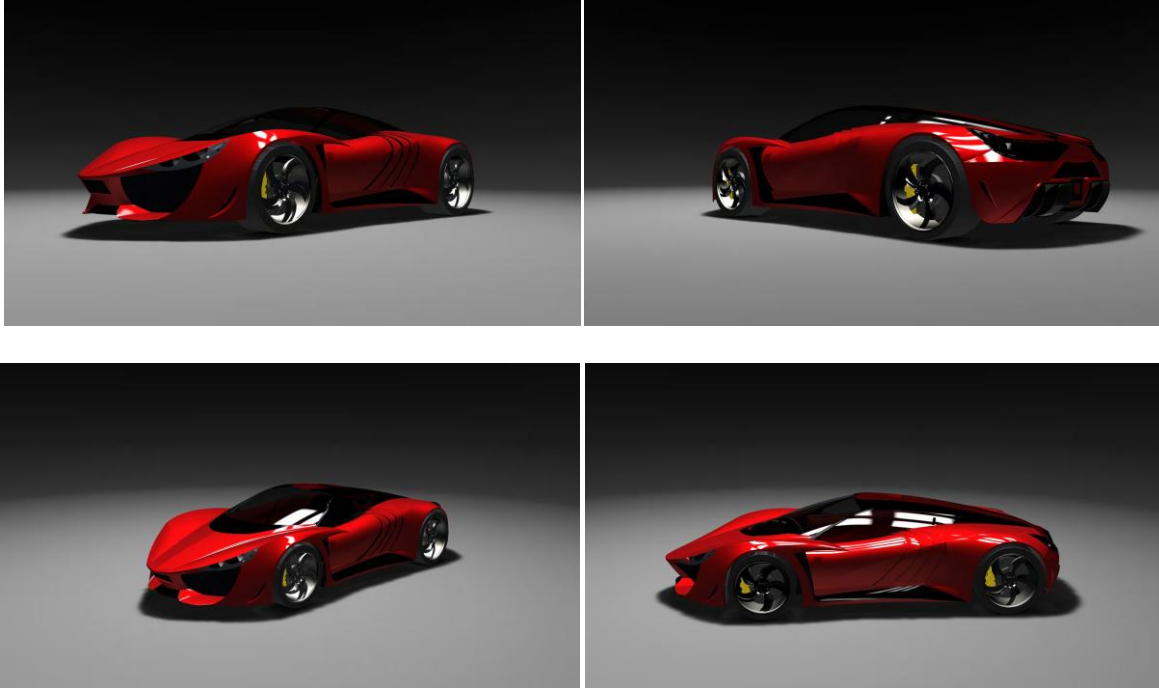
per gli alloggiamenti dei fanali posteriori e per le parti rimanenti. Si è scelto infine il giallo per le pinze dei freni e un grigio color carbo-ceramico per i dischi.



Una volta completata la verniciatura del corpo vettura, si è passati a quella delle parti da applicare al modello in un secondo momento, come gli scarichi, i cerchi, gli pneumatici e l'insieme dischi-pinze. L'ultimo passo, infine, ha riguardato la semplice applicazione degli adesivi che solitamente "Lettera F" (negozi di grafica adesiva) realizza per le vetture Ferrari ufficiali.

5.6 FOTO E RENDER DI PRESENTAZIONE

Di seguito, si possono trovare i rendering del modello virtuale, sempre generati con CATIA V5, e le foto di quello reale scattate in occasione del “Modena Motor Gallery” tenutosi a Maggio 2014.



Nell’occasione, all’interno dello stand della Modelleria Modenese, si è avuto modo di esporre il modello completo di tutte le sue parti, adesivi compresi.



6. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Col progetto di questo complessivo di carrozzeria si è avuto modo di affrontare e confrontare, in parallelo, due ambiti sostanzialmente diversi come lo stile e la tecnica unita all'ingegnerizzazione di un prodotto complesso come può essere un'automobile. Il lavoro svolto è ovviamente frutto di molti compromessi derivanti ognuno da esigenze diverse, e ha permesso così di affrontare le numerose problematiche che insorgono in un progetto reale e che di fatto costituiscono la cosiddetta "coperta corta" che sempre si incontra in campo ingegneristico: si è dovuto infatti tener conto anche dei ritmi e delle esigenze dell'azienda ospitante, oltre che di quelle prettamente stilistiche.

Si è visto che uno sportello a scorrimento interno, stavolta con dimensioni realistiche per un'auto moderna, può trovare spazio all'interno di un telaio già esistente e di una carrozzeria che rispetta in pieno le normative necessarie all'omologazione per circolare su strada. Lo stesso sportello, poi, può ben sposarsi anche con l'insieme della nuova carrozzeria senza dar troppo fastidio persino all'occhio critico di osservatori esperti del settore.

Si è visto che il sistema di apertura adottato, pur con i vincoli che si porta dietro, lascia comunque spazio per l'adozione di certe soluzioni tecniche mirate ad un aumento dell'efficienza e delle prestazioni della vettura, senza inoltre limitare la creatività del disegnatore ma anzi, stimolandone in molti casi la fantasia.

L'esperienza maturata nel disegno e nella progettazione a fianco di professionisti del settore ha poi permesso di apprendere e far propri alcuni dei cosiddetti trucchi del mestiere, consentendo così di guardare con maggiore consapevolezza anche i lavori altrui, a cominciare proprio dai veicoli transitanti sulle strade di tutti i giorni.



Ovviamente, ci sono comunque certi aspetti che dovranno essere considerati in futuro per ottimizzare l'idea e il complessivo nel suo insieme, come ad esempio l'analisi fluidodinamica computazionale (CFD), che avrebbe fatto sicuramente molto comodo in una situazione come questa; si sarebbe potuti intervenire infatti su molti elementi della carrozzeria e delle prese d'aria, avendo così un immediato riscontro su certe scelte stilistiche che magari vengono, per forza di cose, date per buone. Il supporto del CFD avrebbe quasi sicuramente dato luogo ad una vettura dall'aspetto diverso, magari meno accattivante, ma indubbiamente più funzionale, mentre ci si è dovuti affidare solo alle conoscenze acquisite nei vari corsi di laurea per mancanza di tempo. Si sarebbero potute dimensionare le prese d'aria, ad esempio, che avrebbero sicuramente cambiato il volto del modello, ma in fin dei conti si è comunque avuto un approccio sperimentale per quanto riguarda la realizzazione fisica dell'idea e ciò che vi sta a monte, esigenze e dinamiche aziendali comprese.

7. RINGRAZIAMENTI

Ringrazio innanzitutto il prof. Ferrari per tutte le opportunità che mi ha concesso, per la pazienza, i consigli, le buone parole spese su di me, per aver creduto nelle mie potenzialità, per avermi spronato nei momenti di stallo e per come si è posto con me e tutti i miei colleghi fin dal primo giorno di lezione.

Grazie anche al prof. Leali, che si è sempre reso disponibile ogniqualvolta ne avessi bisogno per chiarimenti e necessità anche di carattere burocratico.

Un grazie enorme va alla Modelleria Modenese per la gentilezza, per aver creduto in me e per avermi introdotto in un mondo non accessibile a tutti. Grazie a Enrico, Andrea, Valter, Mauro, Giacomo, Robbi e a tutti quelli che ho avuto la fortuna di conoscere in tutti i mesi che son stato lì: dall'officina, all'ufficio tecnico, fino alla segreteria. Grazie per avermi sempre accolto col sorriso. Non a caso, dico sempre che porterei tutto questo a Firenze, se potessi.

Un ringraziamento speciale va anche alla Carrozzeria Zanasi, a Stefano Levoni Bemposti e a Salvatore Giordano, che han fatto sì che il modello in scala venisse verniciato con meticolosità e in maniera eccezionale.

Ringrazio poi anche Emanuele Olivieri per la pazienza e la consulenza fornitami dal punto di vista tecnico e nell'uso del software.

Grazie di cuore alla Bea, mia ancora di salvezza e mia più bella sorpresa, che ha sempre creduto in me consolandomi e incoraggiandomi anche quando non me lo meritavo: grazie per l'amore, la pazienza e per non avermi fatto mollare mai.

Grazie anche ai miei amici di Modena per le giornate, le serate e le mangiate non molto sane. L'università è stata molto più leggera grazie a voi.

Ma il grazie più grande lo dedico a coloro i quali devo tutto. I miei splendidi genitori. GRAZIE..

8. BIBLIOGRAFIA

“Il Devoto-Oli 2014”, Giacomo Devoto, Giancarlo Oli.

“Impostazione progetto carrozzeria”, F. Ferrari.

www.ferrari.com

www.lamborghini.com

www.mclaren.com

www.astonmartin.com

www.porsche.com

www.mercedes-benz.com

www.wikipedia.org

“Aerodinamica”, Giorgio Graziani.

“Regolamentazione (omologazione veicoli)”, Gazzetta ufficiale delle comunità europee.